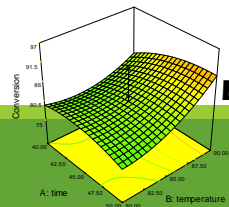


Visión computacional



ImageJ
Image Processing and Analysis in Java



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

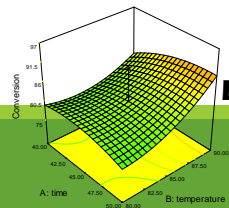
Ing. Jesús Alfredo Obregón Domínguez

Determinación del diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto mediante la aplicación de visión computacional



ImageJ
Image Processing and Analysis in Java

Ing. Jesús Alfredo Obregón Domínguez



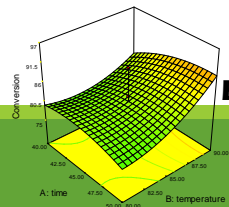
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

Temario

Términos y definiciones.

Desarrollo e interpretación de ejercicios prácticos usando el software libre ImageJ.

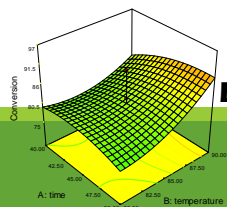
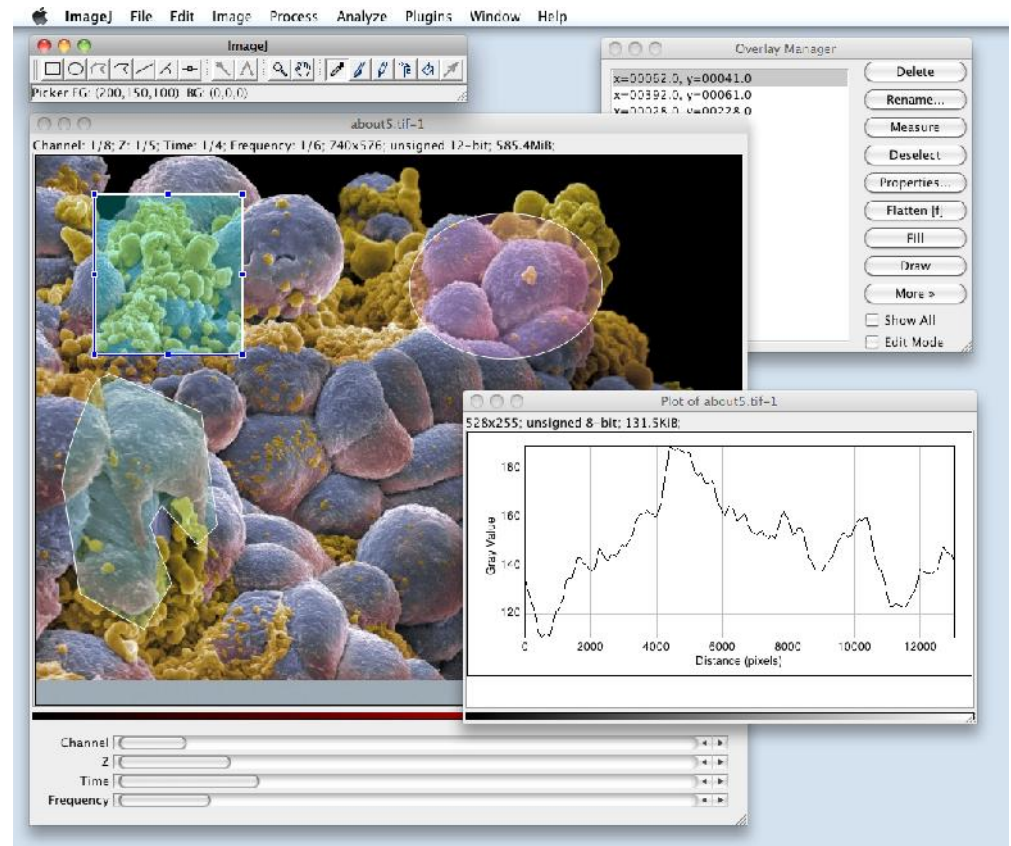


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

1. Visión computacional o artificial

La visión computacional, también conocida como visión artificial o visión técnica, es un subcampo de la inteligencia artificial. El propósito de la visión artificial es programar un computador para que "entienda" una escena o las características de una imagen.

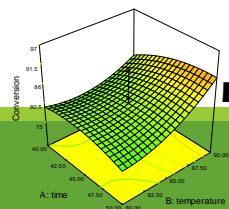


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

2. Objetivos de la visión computacional:

- La detección, segmentación, localización y reconocimiento de ciertos objetos en imágenes (por ejemplo, identificación de la pared celular de una célula).
- La evaluación de los resultados (por ejemplo, segmentación, registro, áreas, estadística).
- Búsqueda de imágenes digitales por su contenido.



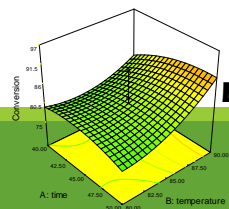
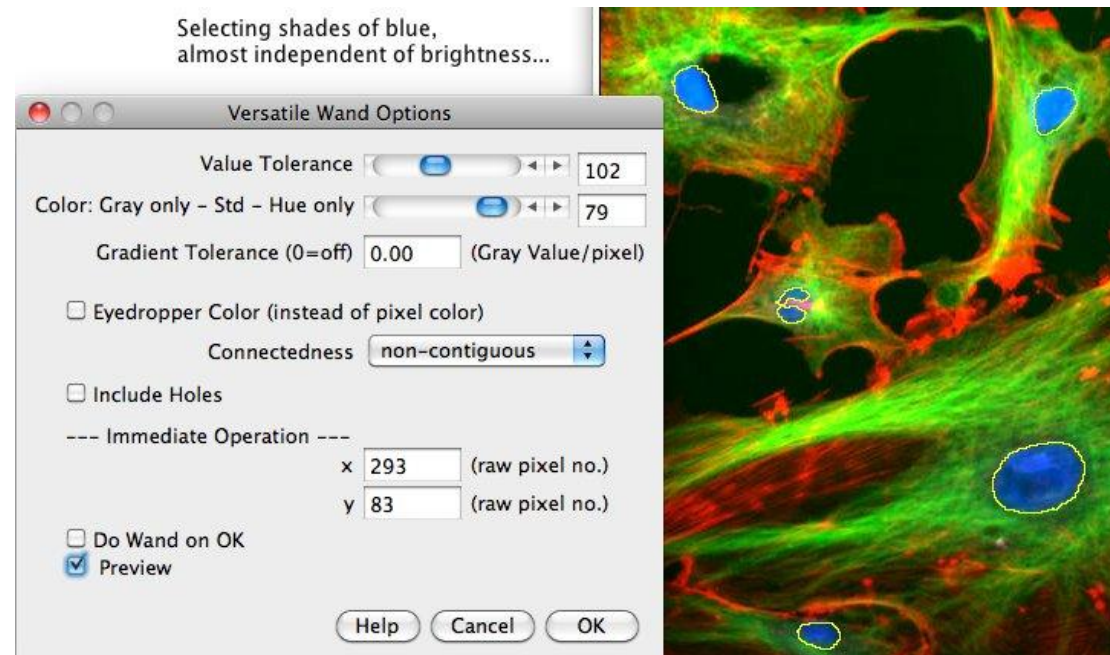
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

2. Objetivos de la visión computacional:

Estos objetivos se consiguen por medio de reconocimiento de patrones, aprendizaje estadístico, geometría de proyección, procesamiento de imágenes, teoría de grafos y otros campos.

La visión artificial cognitiva está muy relacionada con la psicología cognitiva y la computación biológica.



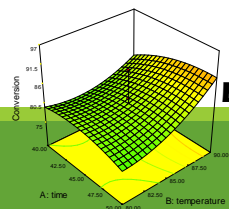
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

2. Objetivos de la visión computacional:

La visión computacional esta muy ligada al procesamiento de imágenes. Aunque ambos campos tienen mucho en común, el objetivo final es diferentes. El objetivo del procesamiento de imágenes es mejorar la calidad de las imágenes para su posterior utilización o interpretación, por ejemplo:

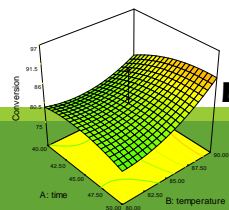
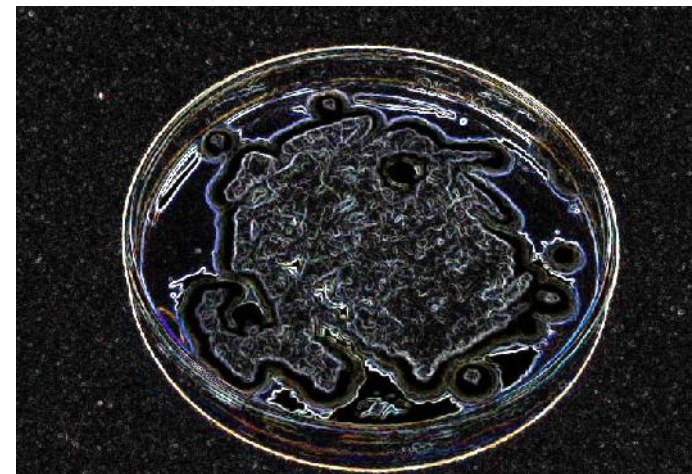
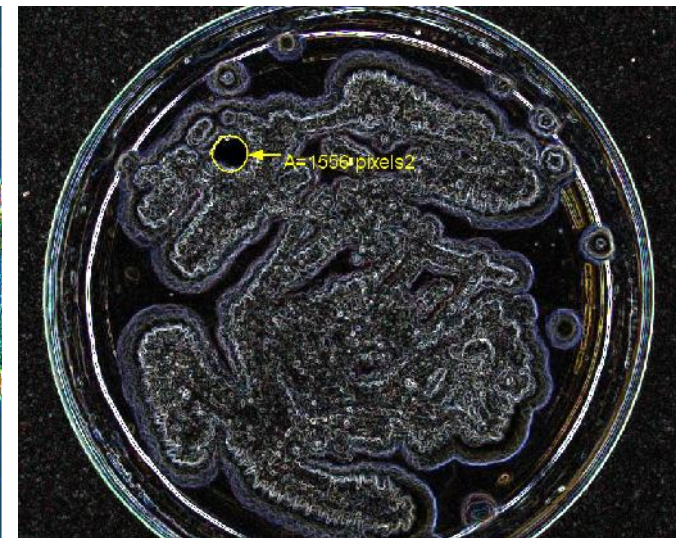
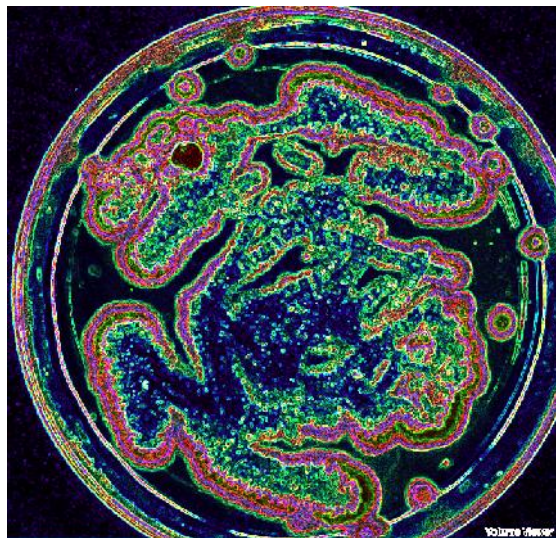
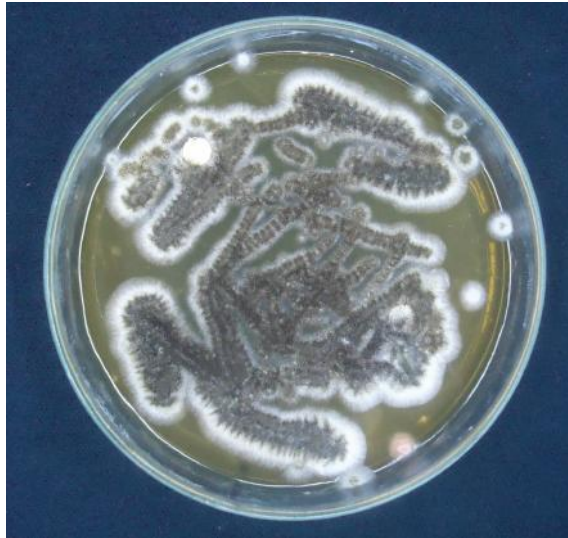
- Remover defectos,
- Remover problemas por movimiento o desenfoque,
- Mejorar ciertas propiedades como color, contraste, estructura, etc.
- Agregar "colores falsos" a imágenes monocromáticas.



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

2. Objetivos de la visión computacional:

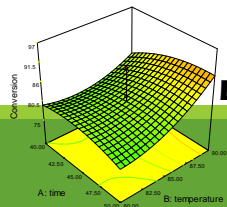
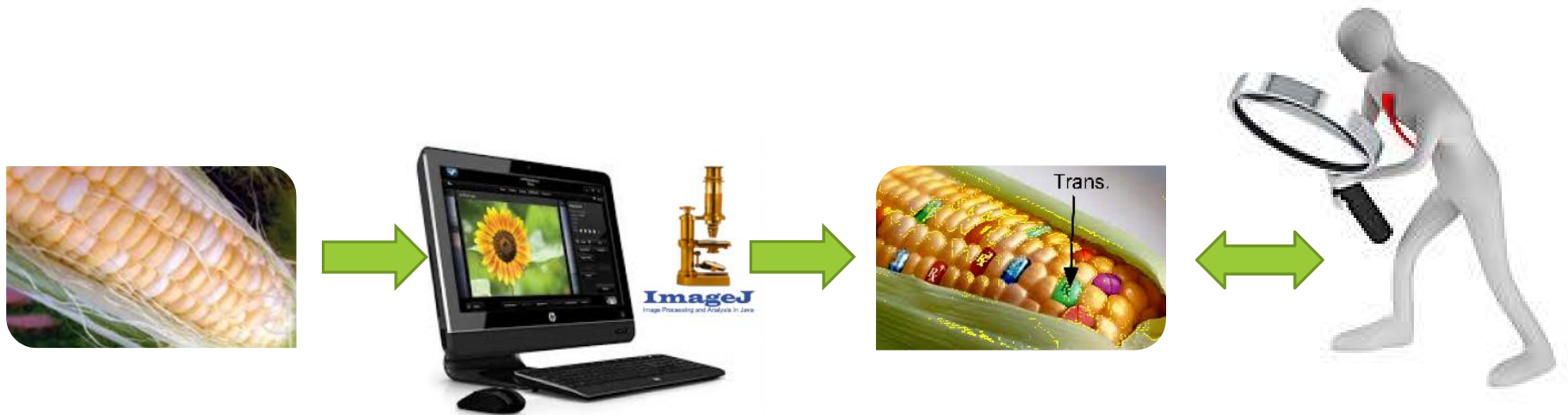


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

2. Objetivos de la visión computacional:

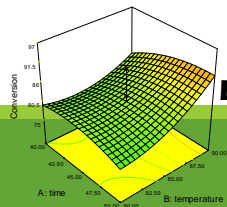
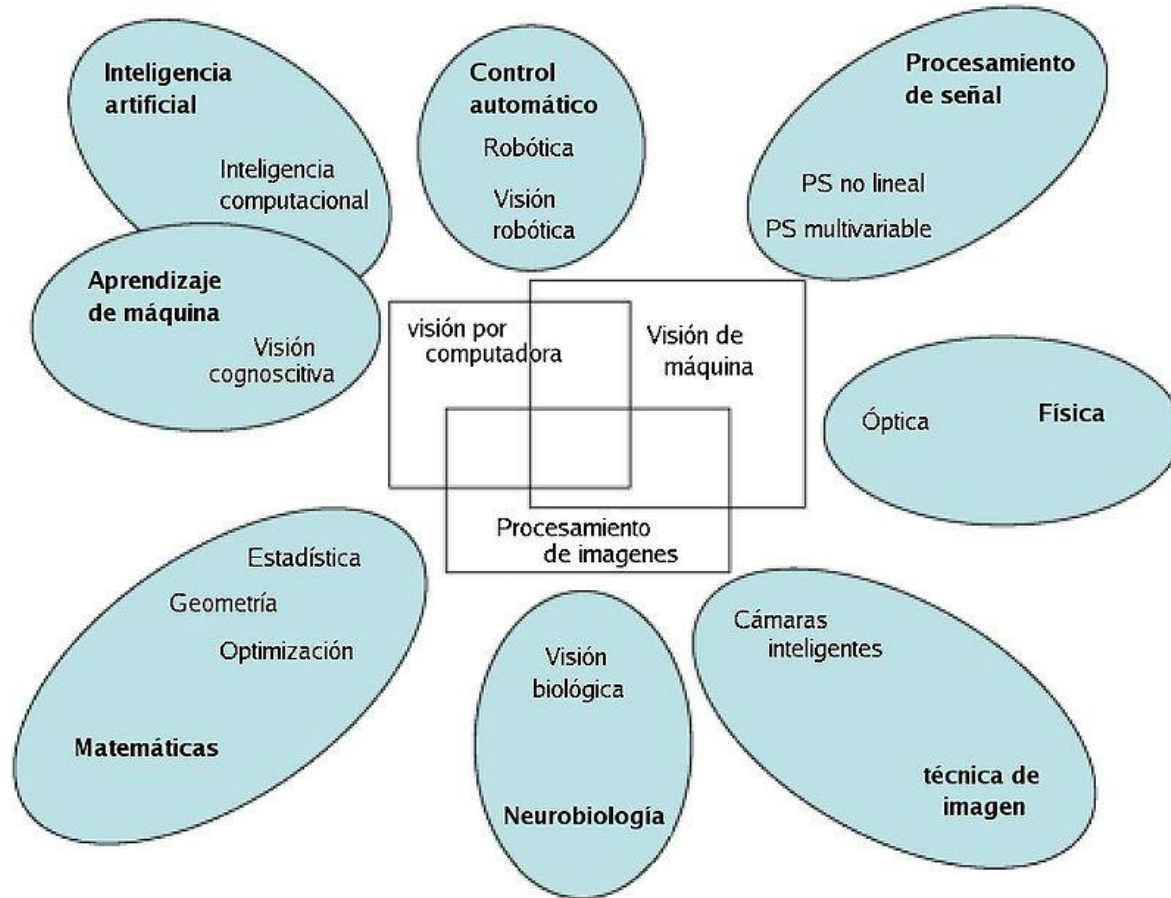
El objetivo de la visión computacional es extraer características de una imagen para su descripción e interpretación por un sistema computacional.



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

3. Relación entre visión computacional y otras áreas afines

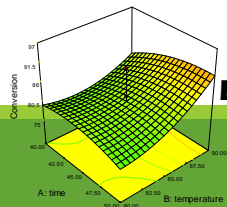
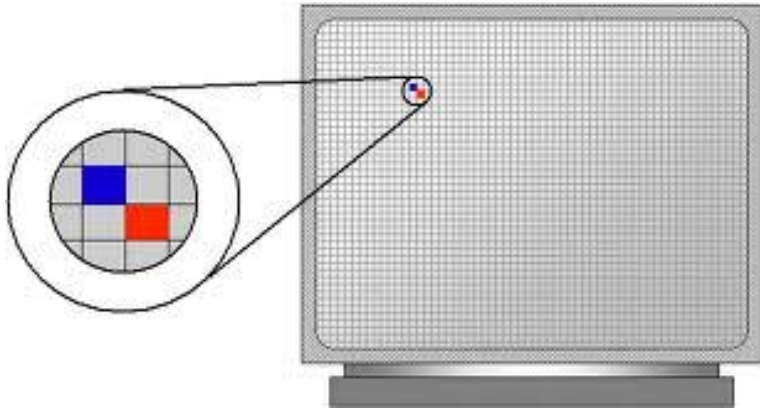


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

5. Píxel

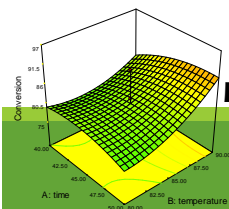
Píxel o plural píxeles (acrónimo del inglés **picture element**, ‘**elemento de imagen**’), es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.



4. Píxel

Un megapíxel (Mpx) equivale a 1 millón de píxeles, a diferencia de otras medidas usadas en la computación en donde se suele utilizar la base de 1024 para los prefijos, en lugar de 1000, debido a su conveniencia respecto del uso del sistema binario.

Usualmente se utiliza esta unidad para expresar la resolución de imagen de cámaras digitales; por ejemplo. Una cámara que puede tomar fotografías con una resolución de 400×261 píxeles se dice que tiene 0,1 megapíxeles ($400 \times 261 = 104400$ px).

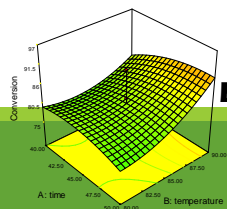


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

5. Profundidad de color (Bits)

En las imágenes de mapa de bits, o en los dispositivos gráficos, cada píxel se codifica mediante un conjunto de bits de longitud determinada (es la llamada **profundidad de color**); por ejemplo, puede codificarse un píxel con un byte (8 bits), de manera que cada píxel admite hasta 256 variaciones de color (28 posibilidades binarias), de 0 a 255.

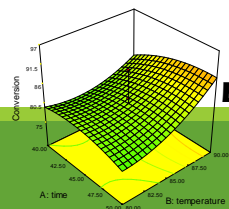


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

5. Profundidad de color (Bits)

Un píxel, comúnmente, se representa con: 8 bits (2^8 colores), con 24 bits (2^{24} colores, 8 bits por canal de color) o con 48 bits (2^{40} colores); en fotografía avanzada y digitalización de imágenes profesional se utilizan profundidades aún mayores, expresadas siempre en valores de bits/canal de color en lugar de la suma de los tres canales. Los primeros son los más utilizados, reservando el de 8 bits para imágenes de alta calidad pero en tonos de grises, o bien con 256 colores en paleta seleccionada para baja calidad colorimétrica; el de 24 bits es el más común y de alta calidad, es utilizada en la mayoría de las imágenes fotográficas.

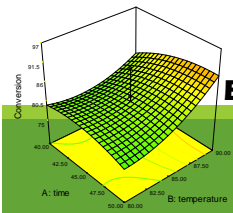
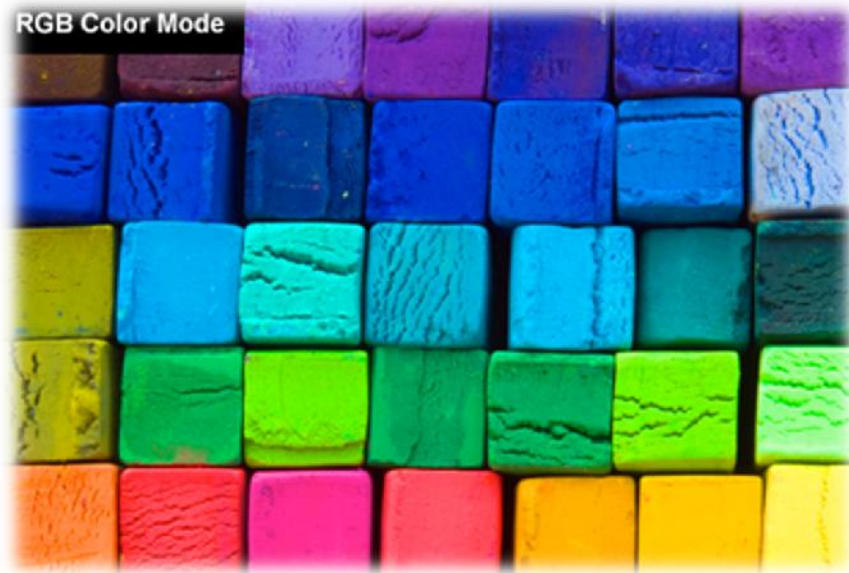
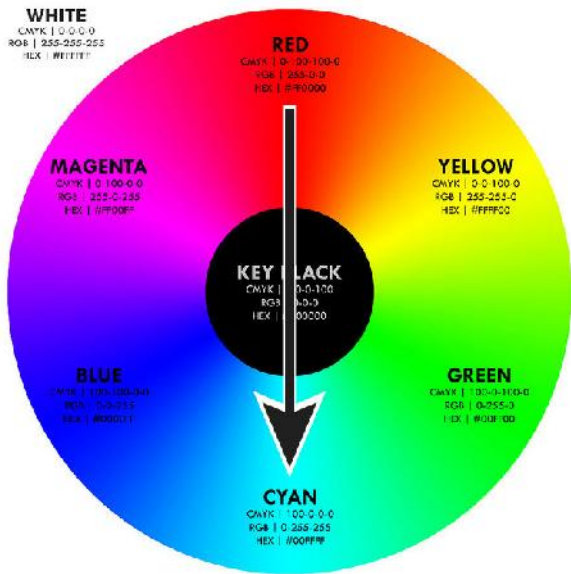


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

6. Color RGB

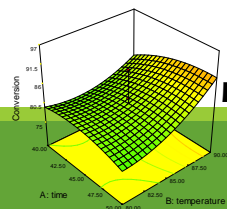
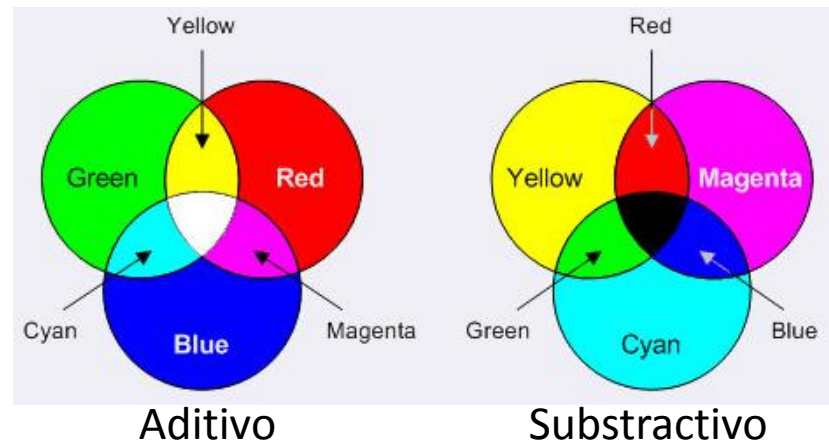
Para poder visualizar, almacenar y procesar la información numérica que se representa de cada píxel, se debe conocer, además de la profundidad y brillo del color, el modelo de color que se está utilizando. Por ejemplo, el modelo de color **RGB (Red-Green-Blue)**.



6. Color RGB

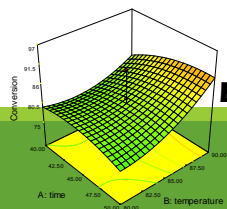
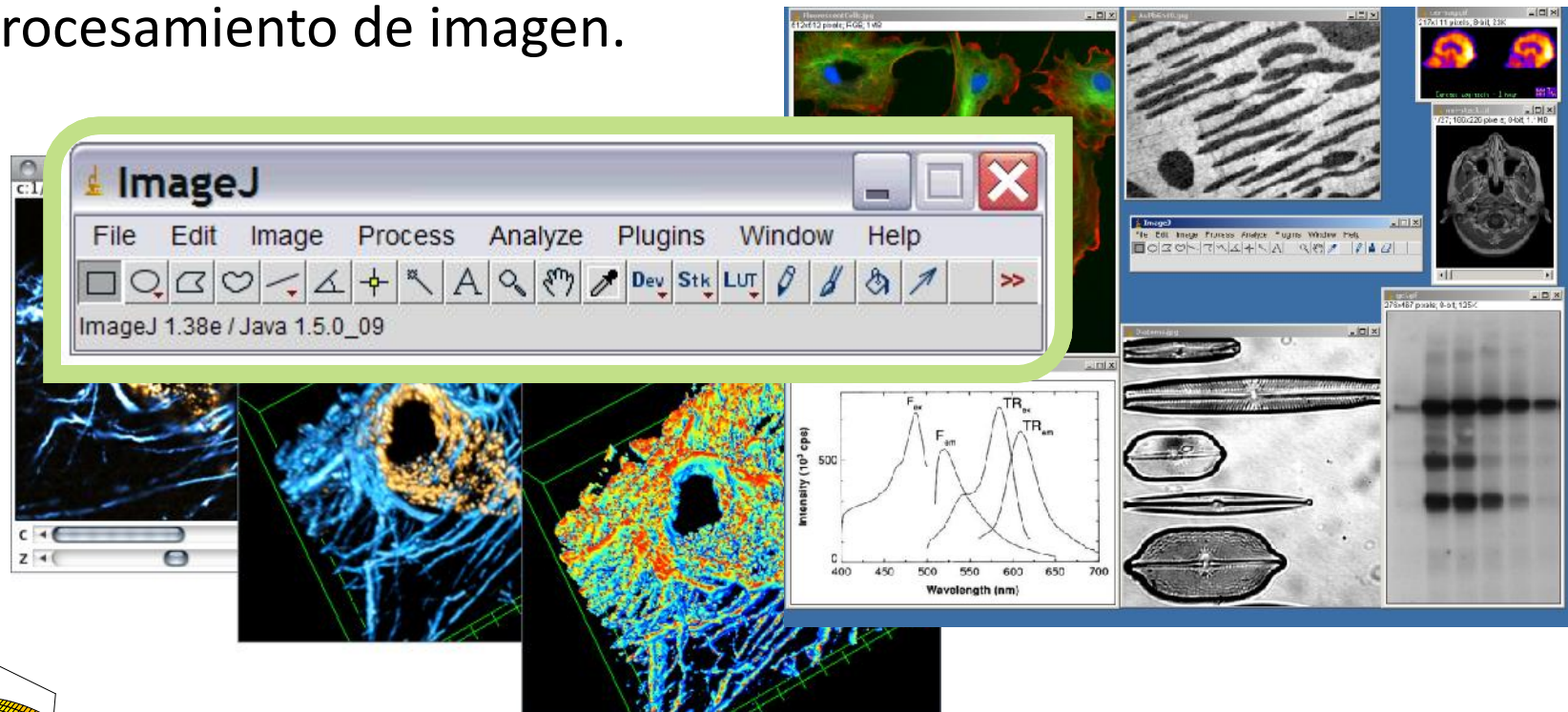
La identificación de la información cromática (color) de la imagen se hace mediante la combinación de 3 señales (RGB), de donde se perciben la gran variedad de colores que podemos distinguir.

A estos se les denomina colores primarios (rojo, verde y azul). De la combinación aditiva en partes iguales de restos, en pares, obtenemos los colores secundarios (amarillo, magenta, cian); y de los 3, el blanco. Otra forma es combinar los secundarios substractivamente de donde obtenemos los primarios y negro.



7. ImageJ

ImageJ es un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público programado en Java desarrollado en el National Institutes of Health. La arquitectura de ImageJ lo ha convertido en una plataforma popular para enseñar procesamiento de imagen.

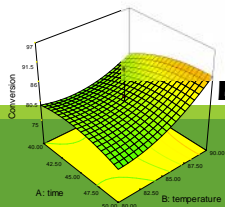
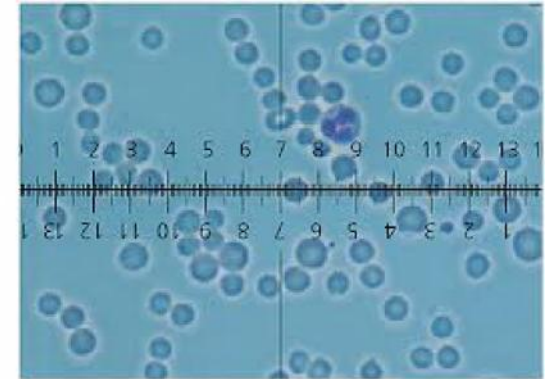


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

8. Equipos para obtención de imágenes

Es clave obtener imágenes de alta calidad para tener excelentes resultados.

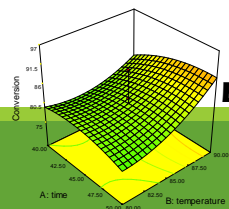
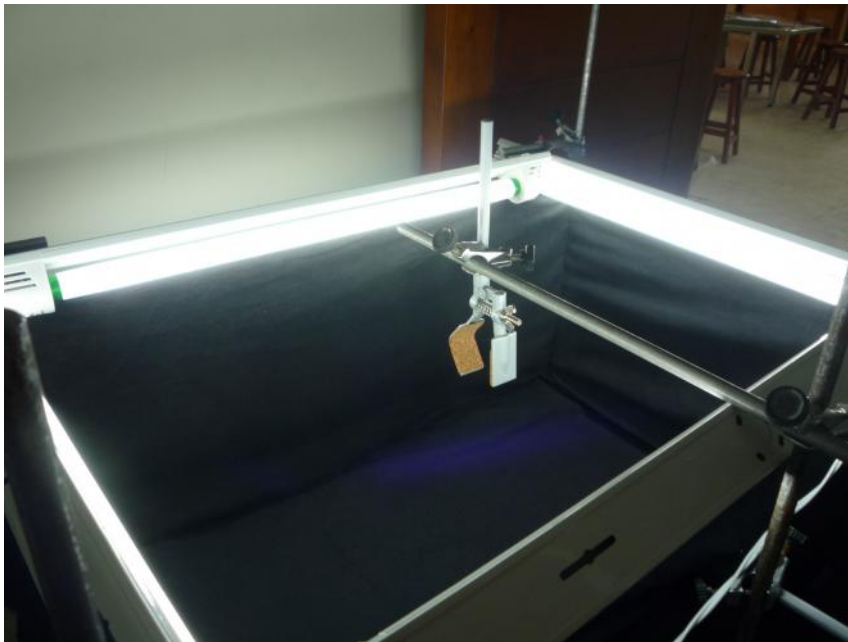


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

8. Equipos para obtención de imágenes

Equipo de visión computacional

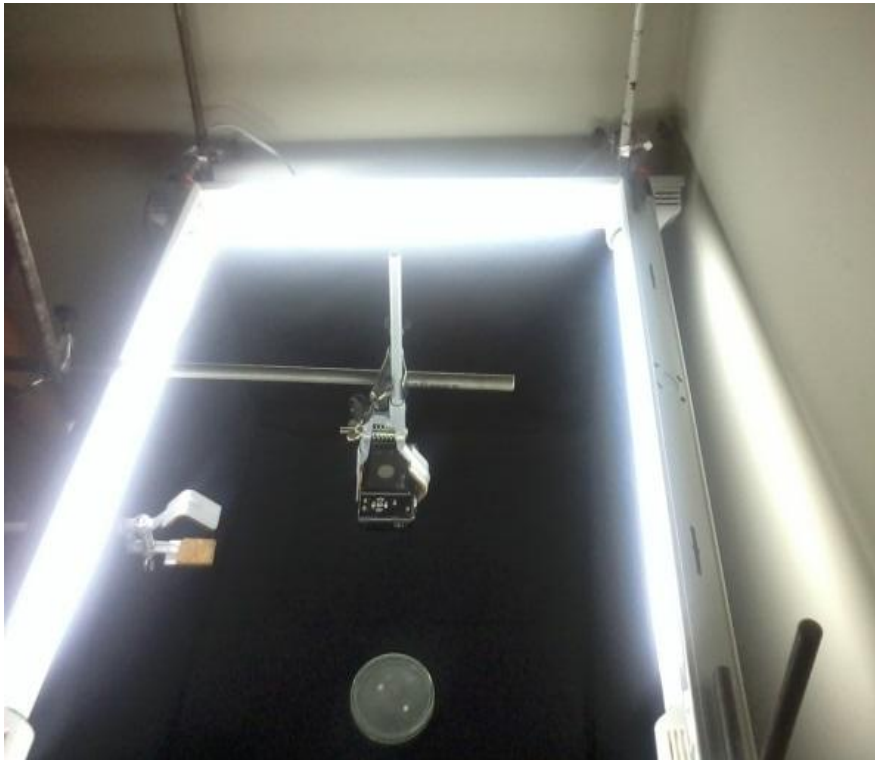


Engineering Consulting & Services

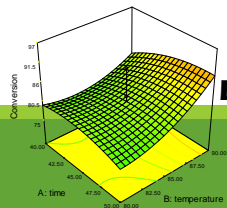
Soluciones e ingeniería...

8. Equipos para obtención de imágenes

Equipo de visión computacional



- Fluorescentes Phillips 6500K
- Equipo para fluorescentes
- Cable negro 12mm
- Franela de color negro (sin brillo)
- Soporte universal



Engineering Consulting & Services

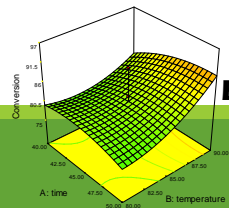
Soluciones e ingeniería...

Visión computacional

Procesamiento de imágenes



ImageJ
Image Processing and Analysis in Java



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

Ing. Jesús Alfredo Obregón Domínguez

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Determinación de áreas y conteo de partículas

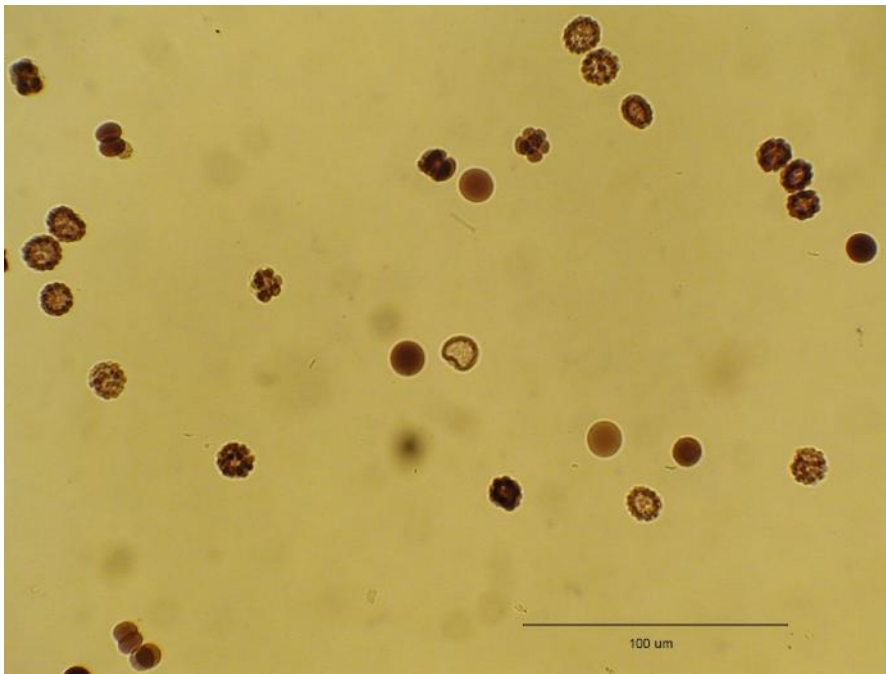
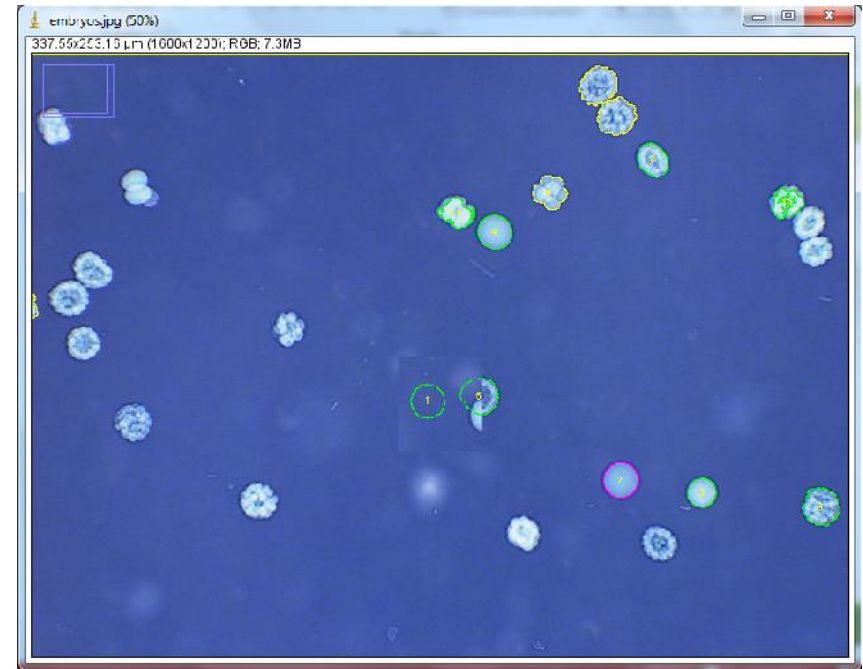
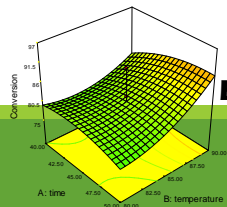


Imagen original: embriones



Results

File	Edit	Font	Results	
	Area	Mean	Min	Max
4	133.259	184.667	127	208
5	152.442	151.871	81	221
6	121.953	192.575	131	237
7	318.281	179.363	78	236
8	114.298	192.697	124	232
9	113.185	193.266	124	232



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Determinación de áreas y conteo de partículas

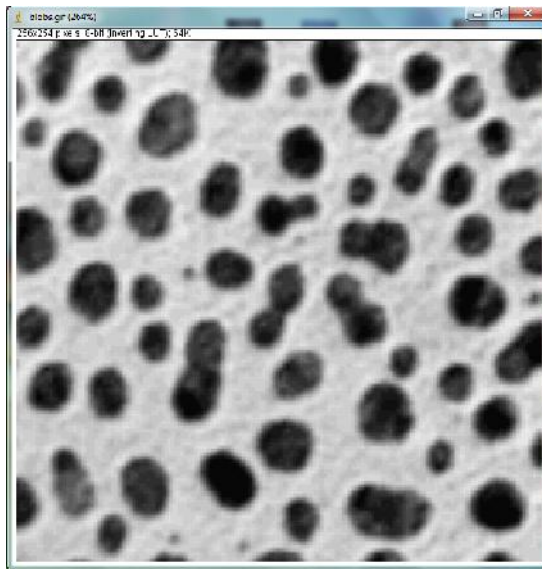
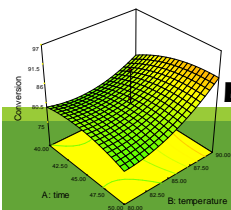
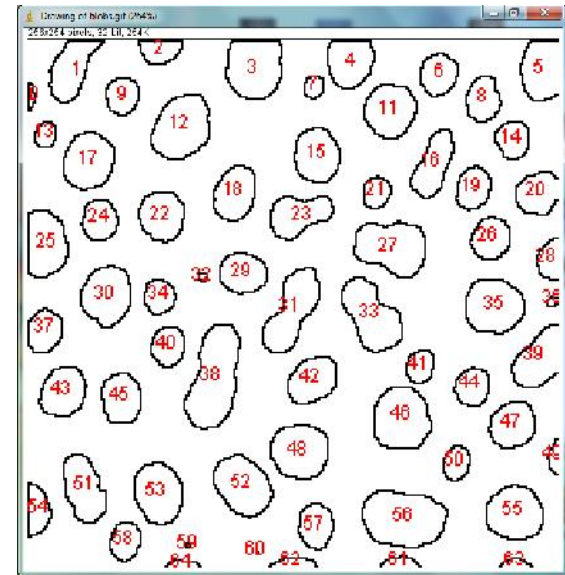
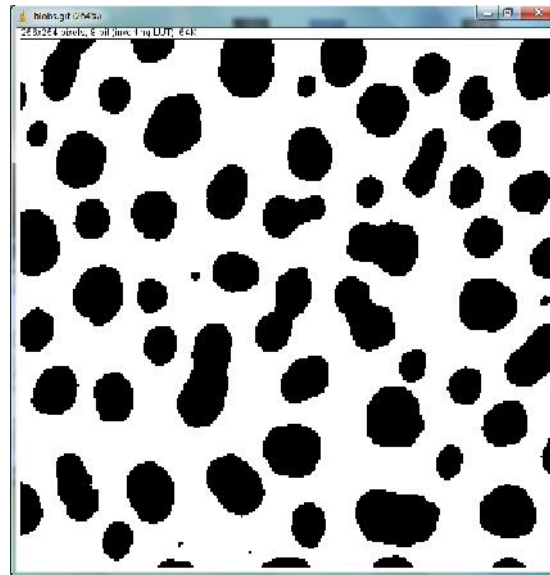


Imagen original: partículas



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Determinación de áreas y conteo de partículas

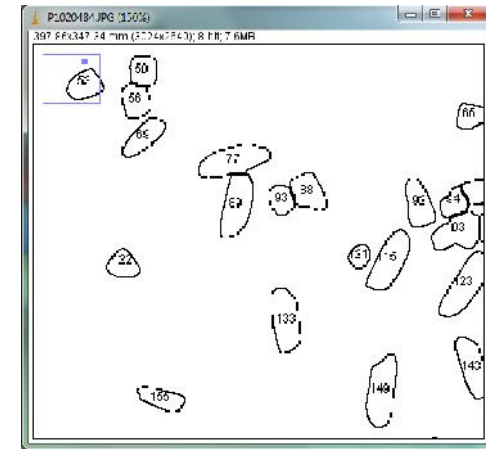
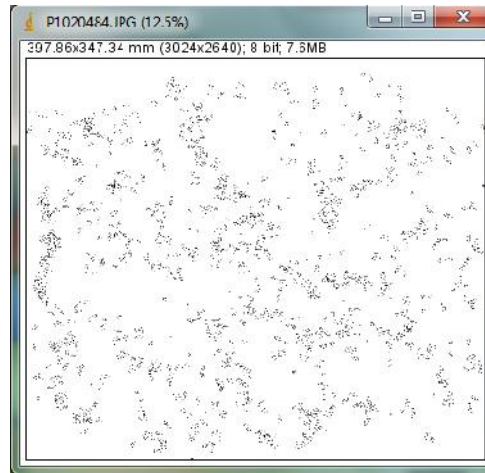
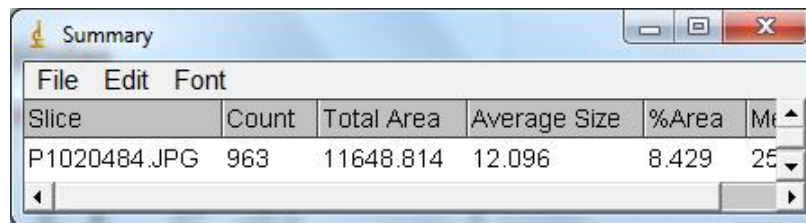
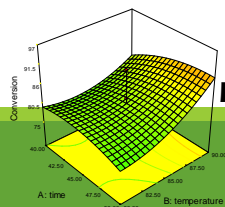
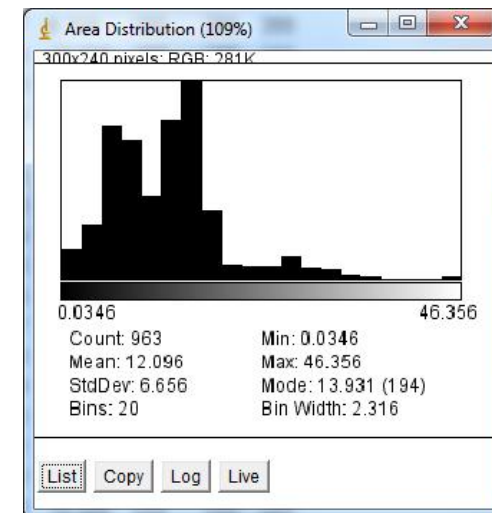


Imagen: granos de arroz



A window titled 'Summary' showing the results of the particle analysis. It includes a menu bar (File, Edit, Font) and a table with the following data:

Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Me
P1020484.JPG	963	11648.814	12.096	8.429	25



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Determinación de áreas

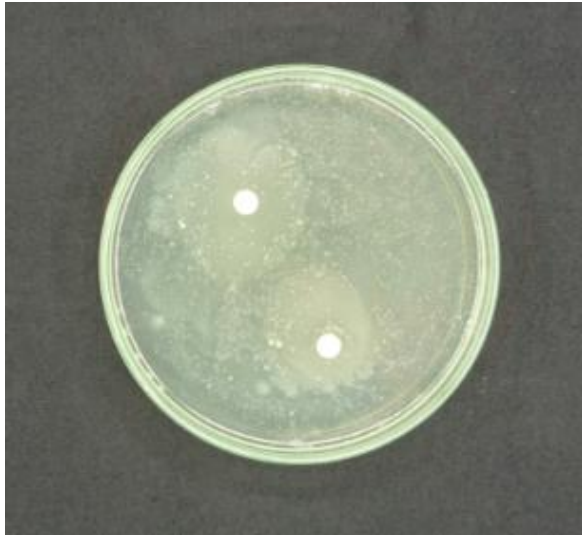
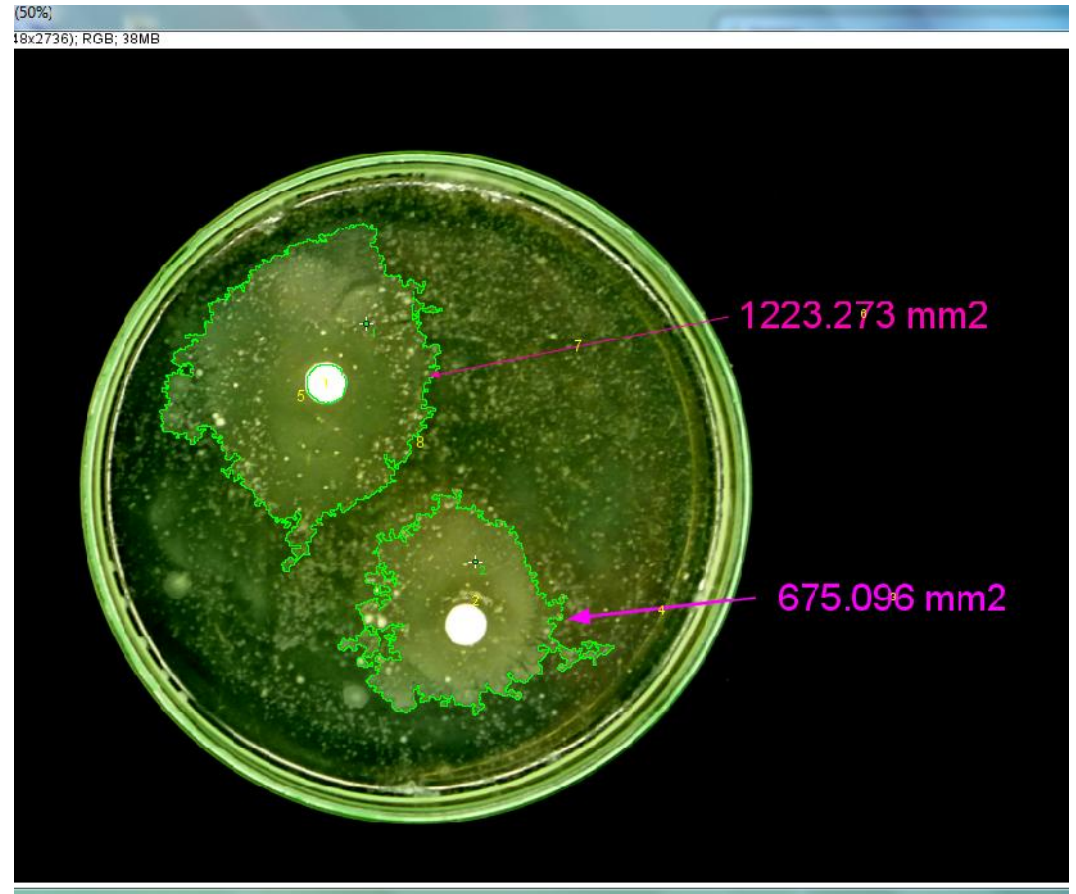
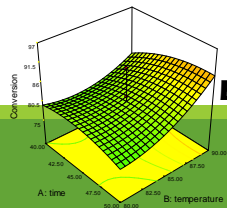


Imagen: halos de inhibición



Results				
File	Edit	Font	Results	
	Area	Mean	Min	Max
1	675.096	105.805	62	255
2	1223.273	86.836	29	255



Engineering Consulting & Services

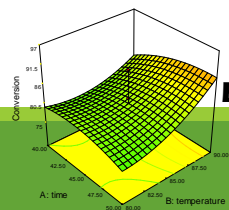
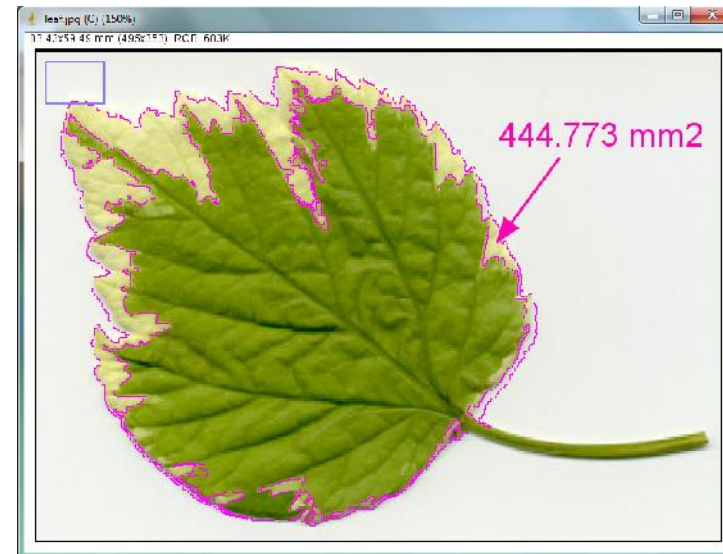
Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Determinación de áreas



Imagen: hoja con atacada por plaga



Engineering Consulting & Services

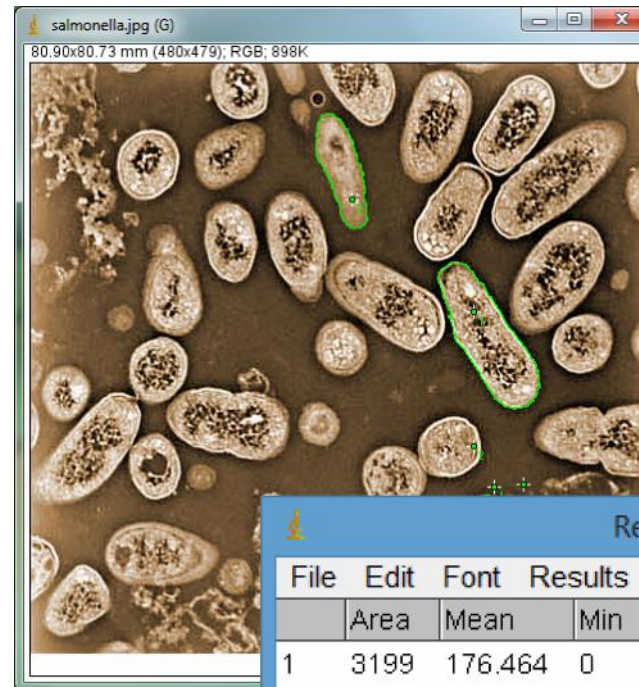
Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

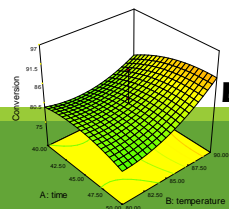
Determinación de áreas y conteo de partículas



Imagen: *Salmonella*



File	Edit	Font	Results	
	Area	Mean	Min	Max
1	3199	176.464	0	255
2	2615	167.867	0	255
3	276	246.094	222	255
4	4461	164.793	0	255
5	2573	203.015	57	255
6	3763	157.867	0	255
7	1533	177.918	0	255

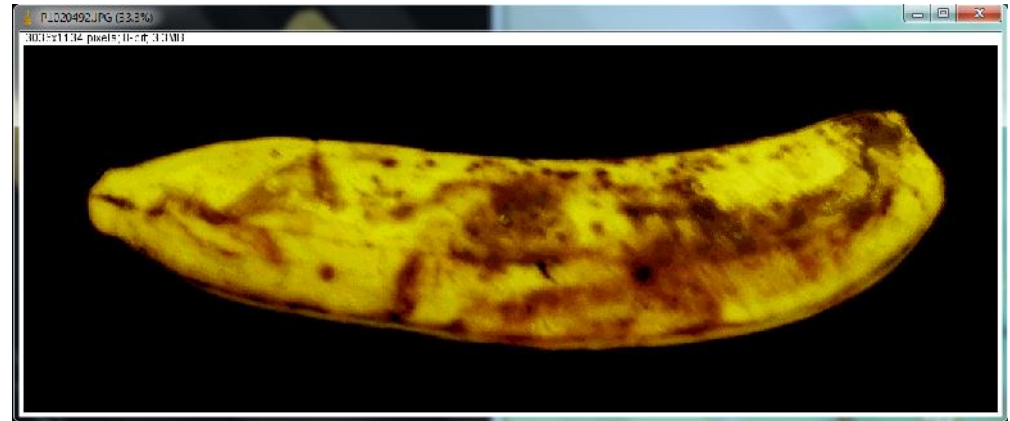


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Superficie 3D

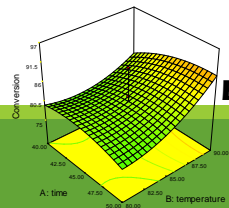


Estado de madurez de plátano: A



Estado de madurez de plátano: B

Imagen: estados de madurez de plátano

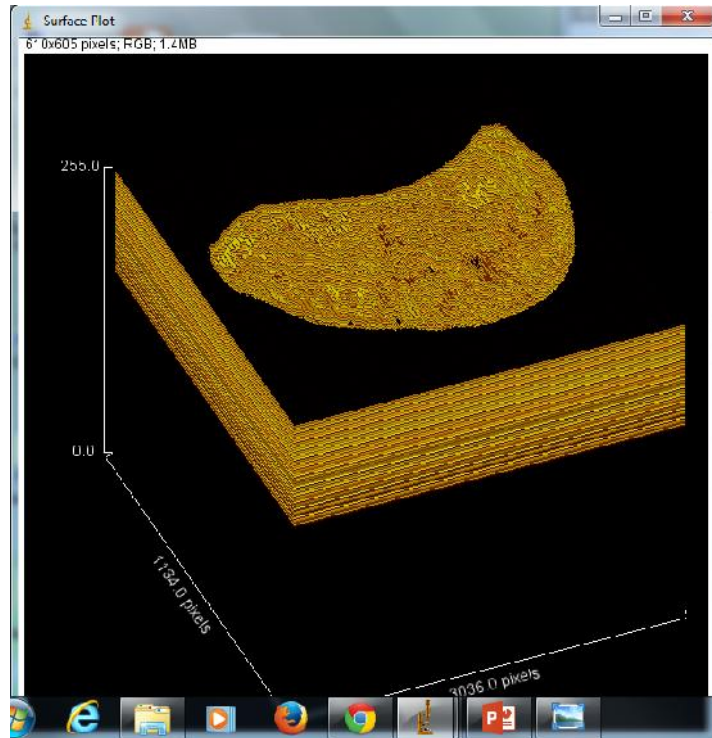


Engineering Consulting & Services

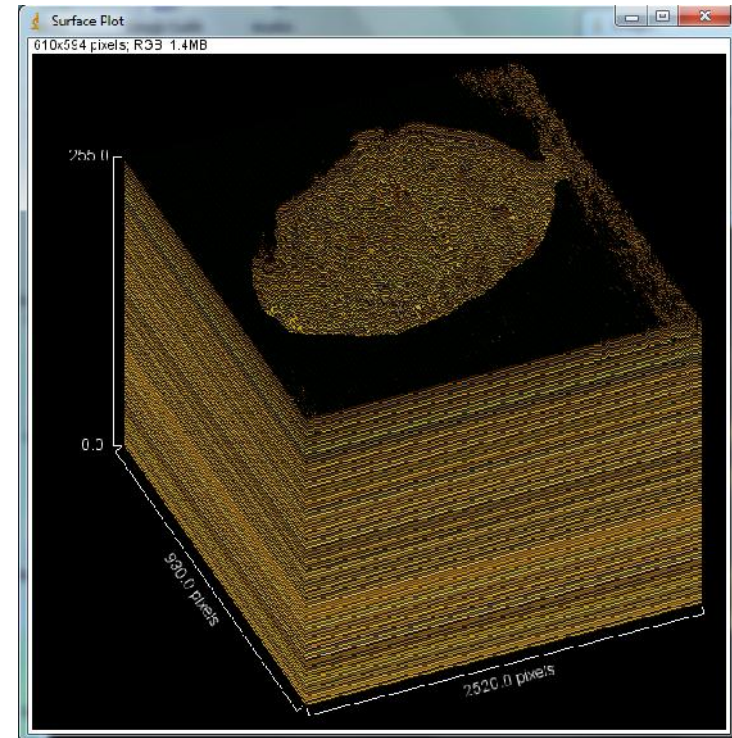
Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

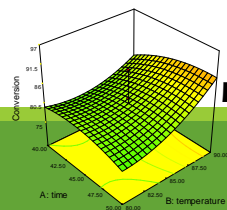
Superficie 3D



Estado de madurez de plátano: A



Estado de madurez de plátano: B

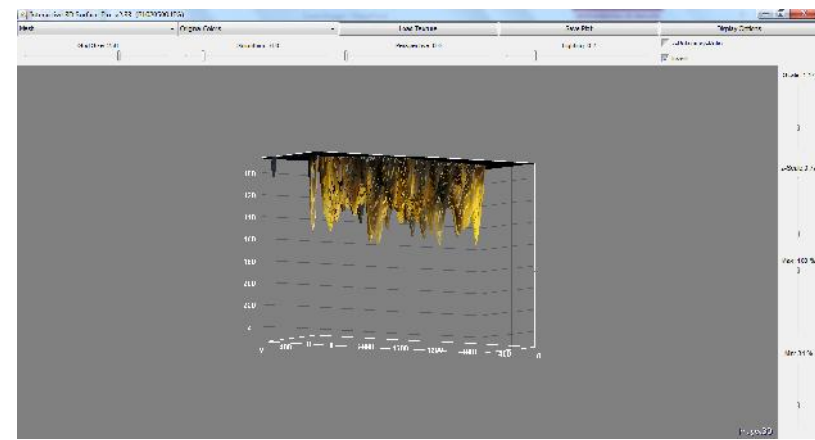
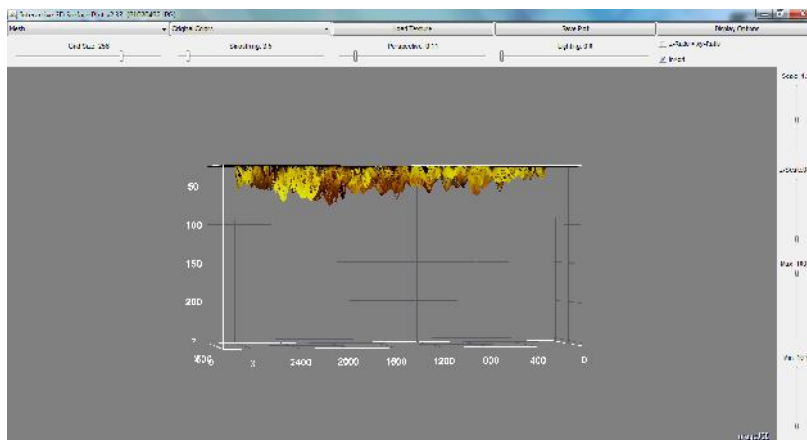
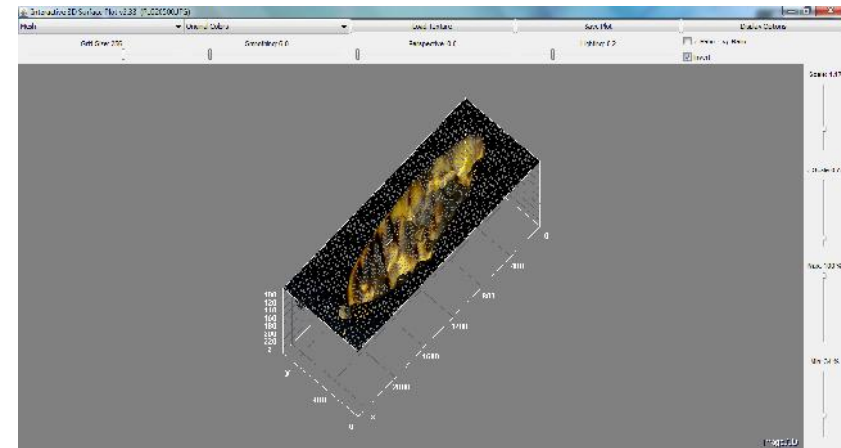
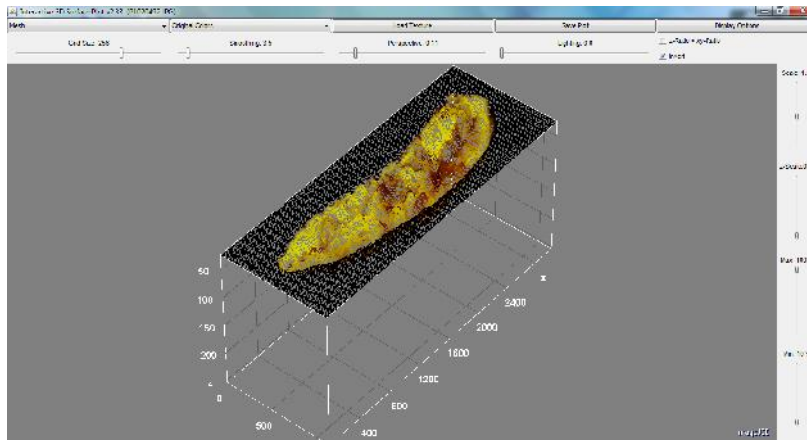


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

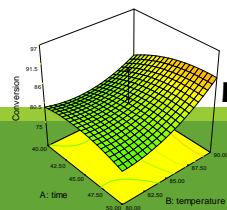
9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Superficie 3D



Estado de madurez de plátano: A

Estado de madurez de plátano: B

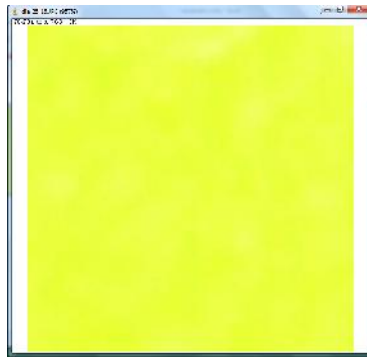


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Estimación de vida útil en alimentos



Pulpa de palta

Seleccione su espacio de color de datos... **RGB 0-255**

Introduzca sus datos de color aquí... Data # 1: **235.373** # 2: **255** # 3: **63.316**

Solo use a los datos CMYK... **K**

Seleccione el iluminante... **D50**

Seleccione el observador... **2° (1931)**

Start

RGB 0 + 255	RGB 0 + FF	RGB 0 + L	XYZ	CMY 0 + 1	CMYK%
235.37 R	FF R	0.9200 R	71.031 X	0.0767 C	7.697 C
255.00 T	FF T	1.0000 T	85.608 Y	0.0000 M	0.000 M
63.316 B	3F B	0.24842 B	35.395 Z	0.75158 Y	75.158 Y
					0.000 K

CIE L * a *	CIE L * b *	CIE L * u *	Yxy (Y - LRV)	unbr - Lab
95.8341 *	95.8341 *	95.8341 *	85.608 Y	94.652 L
-38.7611 *	87.1450 *	-5.5761 *	0.39701 x	-31.680 a *
82.4751 *	108.4211 *	99.5827 *	0.71071 y	54.758 b *

EFFF3F

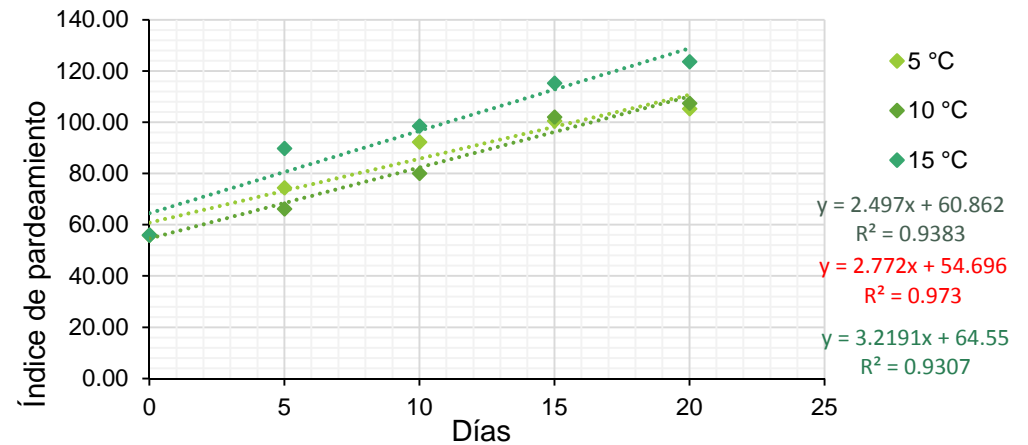
Web-2efe

FFFF33

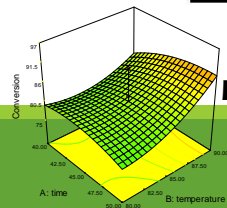
Obtener líneas comerciales

Obtener colores de color

Días	0	5	10	15	20	25	30	35
Temperatura °C								
5								
10								
15								



Cinética de deterioro

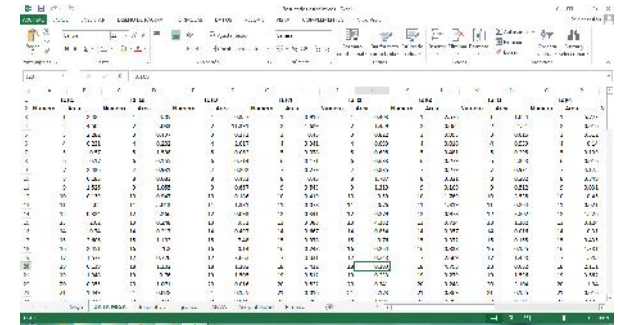
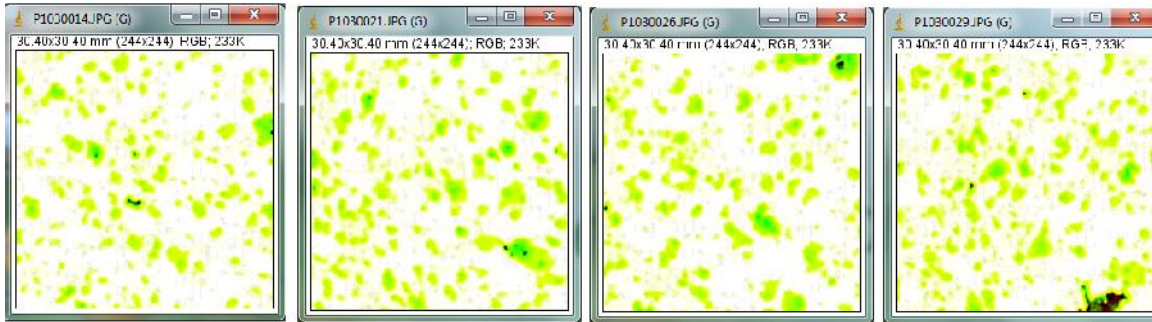


Engineering Consulting & Services

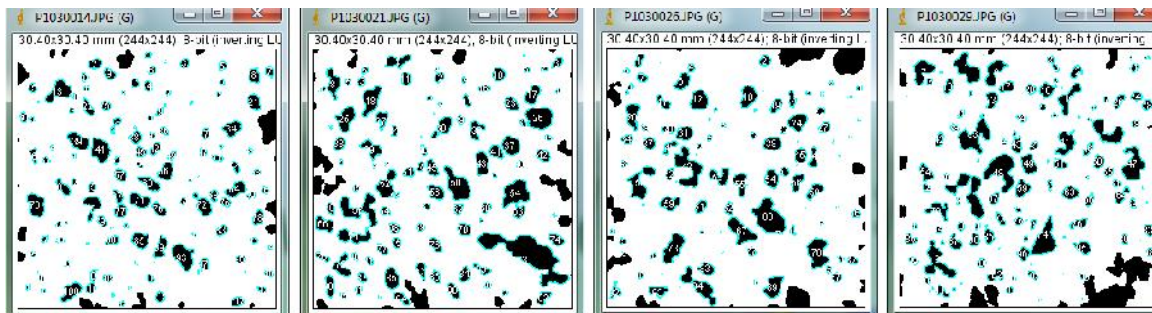
Soluciones e ingeniería...

9. Procesamiento de imágenes con ImageJ

Estructura de miga



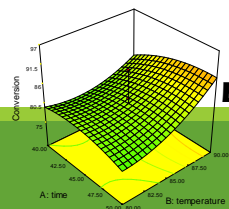
Estructura de miga



Análisis de varianza para total área de alveolos

Binarización de imágenes

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Total área de alveolos (mm ²)	Sustitución	3531.514	3	1177.171	2.143	0.165
	Bloques	4111.793	3	1370.598	2.495	0.126
	Error	4944.403	9	549.378		
	Total	278958.789	16			



Engineering Consulting & Services

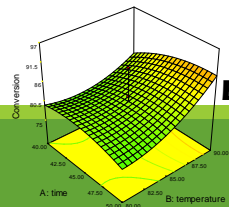
Soluciones e ingeniería...

Determinación del diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto mediante la aplicación de visión computacional



ImageJ
Image Processing and Analysis in Java

Ing. Jesús Alfredo Obregón Domínguez



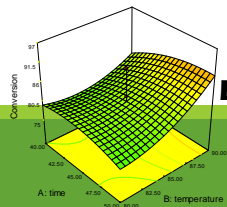
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Objetivo

Evaluar el efecto de la velocidad de aire y volumen de agua sobre el diámetro de burbujas en un fotobiorreactor horizontal abierto mediante la aplicación de visión computacional.

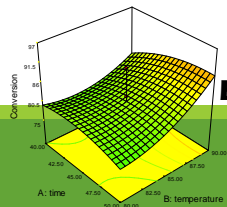
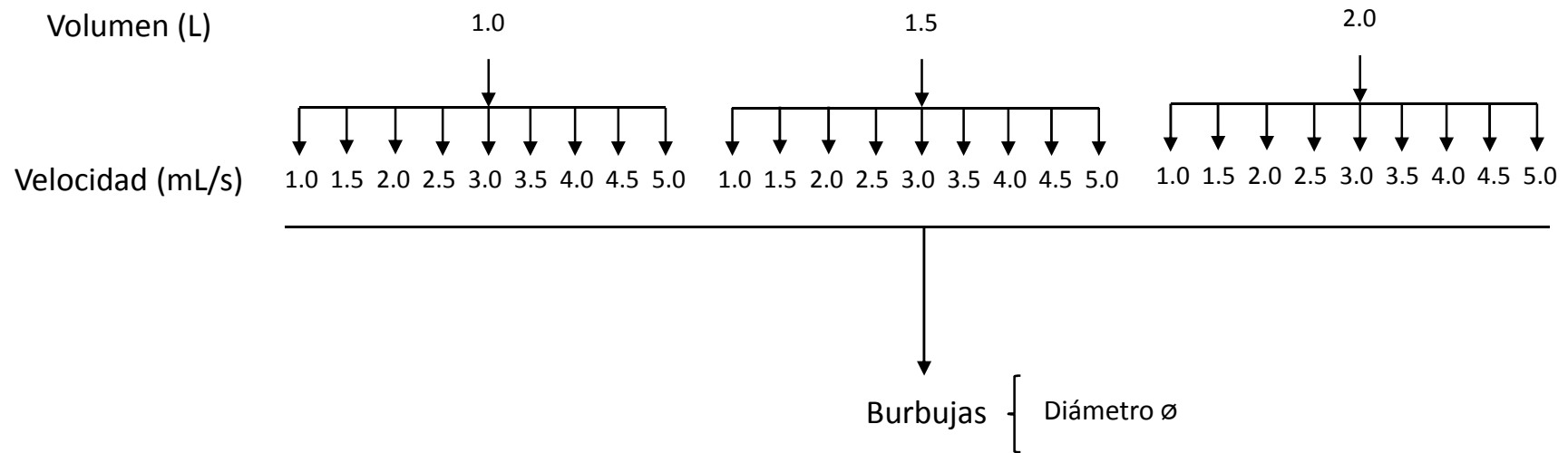


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Esquema experimental

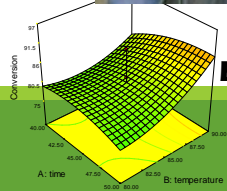
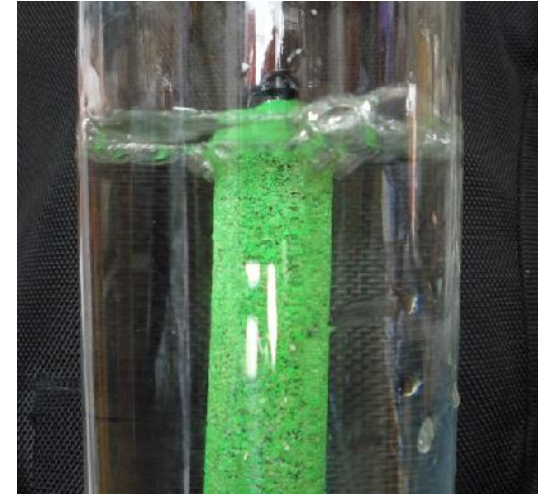


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Acondicionamiento



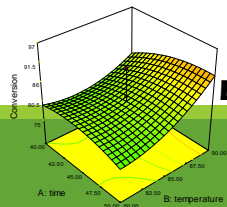
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

Inconvenientes iniciales

10. Determinación del diámetro de burbujas

Acondicionamiento



Engineering Consulting & Services

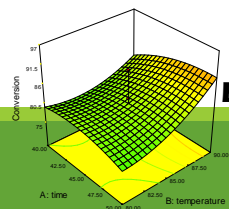
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Acondicionamiento



Acondicionamiento



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

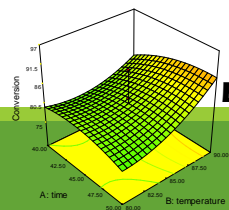
Acondicionamiento



Fluorescentes de 6500 K de color, instalados a 45°, con referencia vertical, a una distancia de 65 cm de la muestra.



Acondicionamiento



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

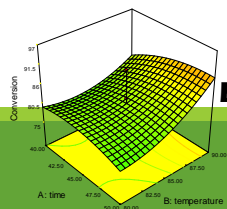
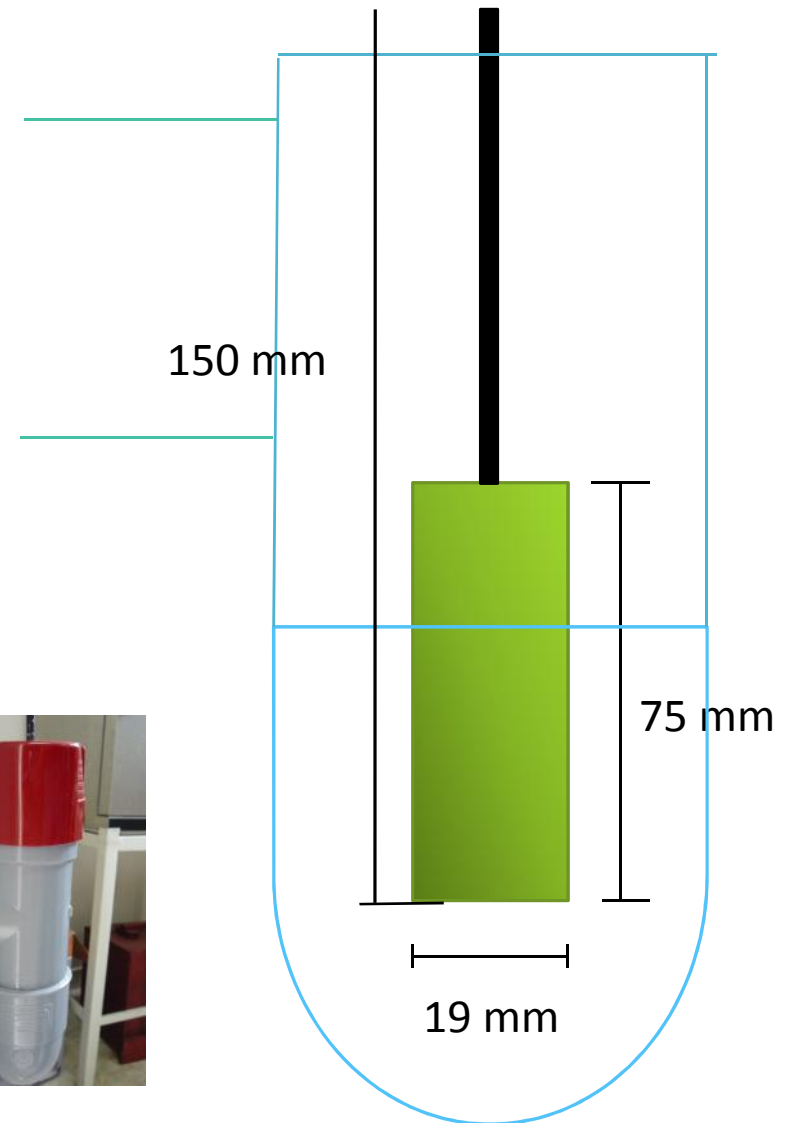
10. Determinación del diámetro de burbujas

Condiciones de operación



Piedra difusora: 75 mm altura y 19 mm de diámetro

Tubo: 50.8 mm de diámetro

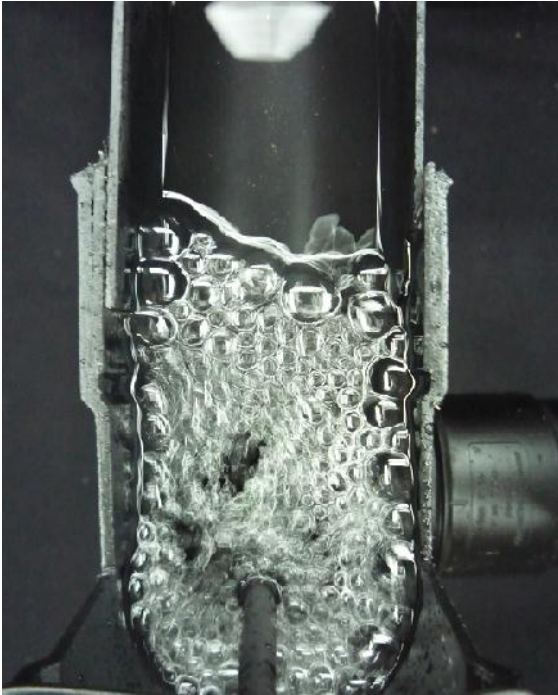


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Desarrollo experimental



Volumen 1.0 L y velocidad 1.0 mL/s

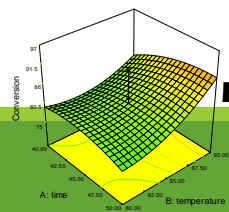


Volumen 1.5 L y velocidad 5.0 mL/s



Volumen 2.0 L y velocidad 5.0 mL/s

Obtención de imágenes



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

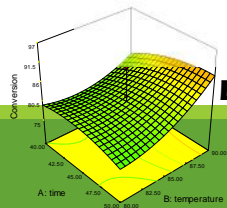
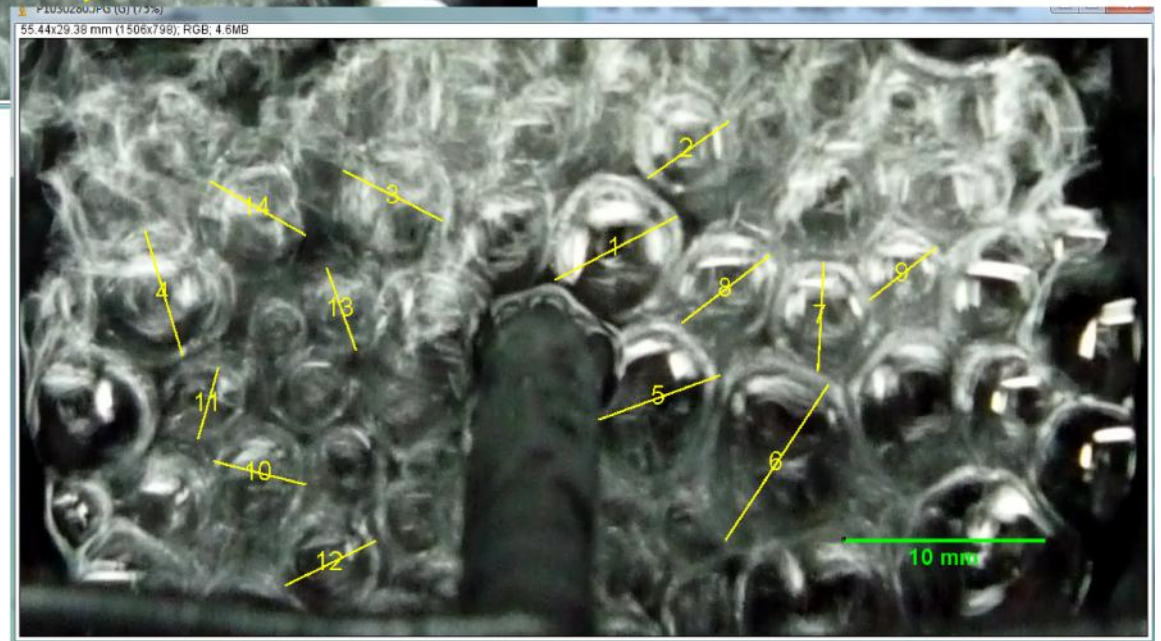
10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados



Volumen 1.0 L
velocidad 1.0 mL/s

Volumen 2.0 L
velocidad 5.0 mL/s

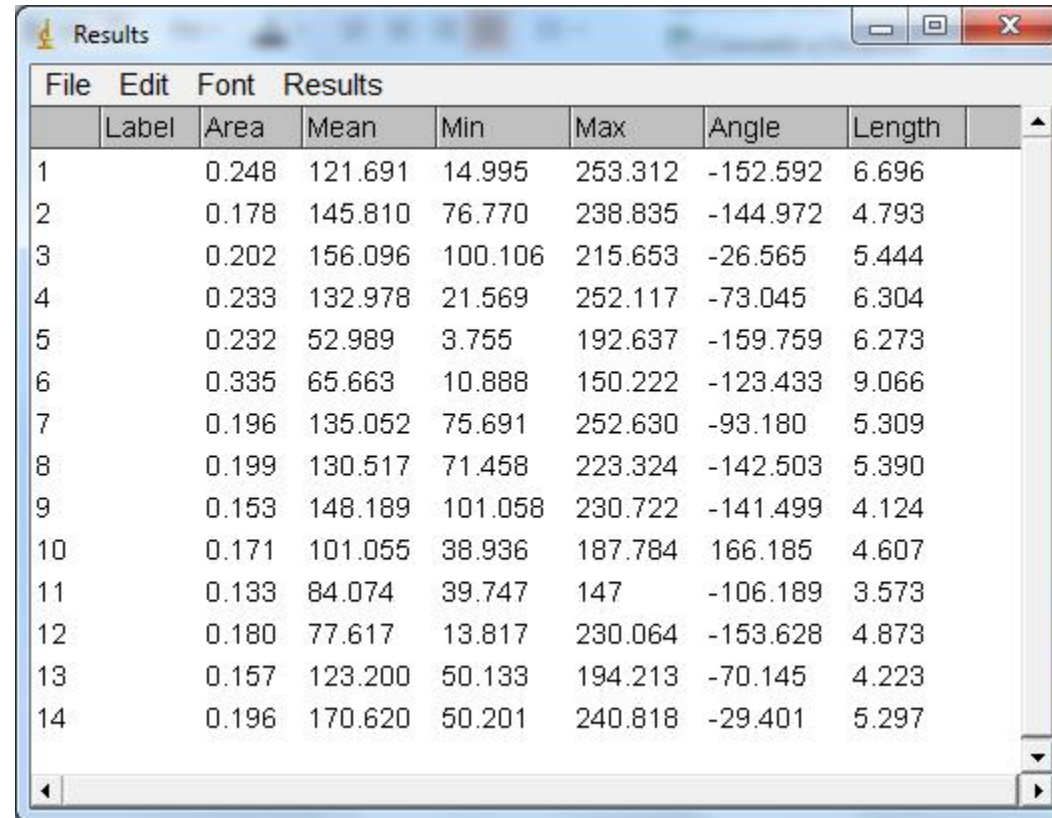


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

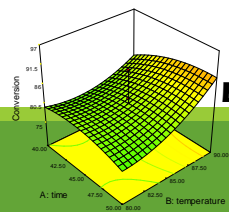
10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados



	Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
1		0.248	121.691	14.995	253.312	-152.592	6.696
2		0.178	145.810	76.770	238.835	-144.972	4.793
3		0.202	156.096	100.106	215.653	-26.565	5.444
4		0.233	132.978	21.569	252.117	-73.045	6.304
5		0.232	52.989	3.755	192.637	-159.759	6.273
6		0.335	65.663	10.888	150.222	-123.433	9.066
7		0.196	135.052	75.691	252.630	-93.180	5.309
8		0.199	130.517	71.458	223.324	-142.503	5.390
9		0.153	148.189	101.058	230.722	-141.499	4.124
10		0.171	101.055	38.936	187.784	166.185	4.607
11		0.133	84.074	39.747	147	-106.189	3.573
12		0.180	77.617	13.817	230.064	-153.628	4.873
13		0.157	123.200	50.133	194.213	-70.145	4.223
14		0.196	170.620	50.201	240.818	-29.401	5.297

Diámetro de burbujas con 2.0L de agua y velocidad de 5.0 mL/s



Engineering Consulting & Services

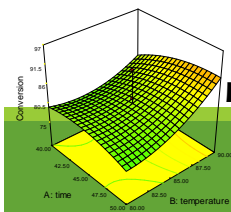
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	Vel1	V1 Vel1.5		V1 Vel2		V1 Vel2.5		V1 Vel3		V1 Vel3.5		V1 Vel4		V1 Vel4.5		V1 Vel5	
2	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D	CONTEO	D
3	4.55	1	6.655	1	5.451	1	2.371	1	3.599	1	6.024	1	8.4	1	4.309	1	
4	4.874	2	5.13	2	5.71	2	5.295	2	3.658	2	4.539	2	6.597	2	3.788	2	
5	4.637	3	4.555	3	4.458	3	4.587	3	3.277	3	4.075	3	4.696	3	3.198	3	
6	4.639	4	4.149	4	4.537	4	3.854	4	3.382	4	3.944	4	4.665	4	4.523	4	
7	5.064	5	3.055	5	4.028	5	4.985	5	3.445	5	5.521	5	4.823	5	3.517	5	
8	4.962	6	4.102	6	4.506	6	3.295	6	3.706	6	4.714	6	5.509	6	3.539	6	
9	3.115	7	2.598	7	2.533	7	4.946	7	3.464	7	2.953	7	4.233	7	3.452	7	
10	4.065	8	3.146	8	2.91	8	4.447	8	3.966	8	4.621	8	2.011	8	3.899	8	
11	3.577	9	4.739	9	2.656	9	4.138	9	2.866	9	5.389	9	3.503	9	4.662	9	
12	4.741	10	2.895	10	2.775	10	3.461	10	3.55	10	3.976	10	4.198	10	4.737	10	
13	3.444	11	2.981	11	4.23	11	3.705	11	4.096	11	5.965	11	3.26	11	4.365	11	
14	4.044	12	3.887	12	4.157	12	4.214	12	4.074	12	4.875	12	2.868	12	4.138	12	
15	3.747	13	4.191	13	4.152	13	4.304	13	3.555	13	4.674	13	4.855	13	4.19	13	
16	4.747	14	4.417	14	5.375	14	3.635	14	4.33	14	5.263	14	3.065	14	4.476	14	
17	2.776	15	3.66	15	3.23	15	4.615	15	3.312	15	5.73	15	4.375	15	4.264	15	
18	2.86	16	5.491	16	3.994	16	4.531	16	3.041	16	5.473	16	5.596	16	3.403	16	
19		17	4.338	17	3.136	17	4.66	17	2.88	17	4.5	17	3.727	17	5.261	17	
20		18	4.721	18	5.093	18	3.803	18	3.836	18	4.807	18	4.166	18	3.877	18	
21		19	4.017	19	4.337	19	2.823	19	3.523	19	3.414	19	5.491	19	5.419	19	
22		20	4.459	20	4.414	20	2.352	20	3.994	20	2.504	20	4.401	20	6.459	20	
23		21	4.95	21	4.078	21	2.149	21	3.361	21	4.811	21	3.373	21	5.65	21	

Diámetro de burbujas con 2.0L de agua y velocidad de 5.0 mL/s

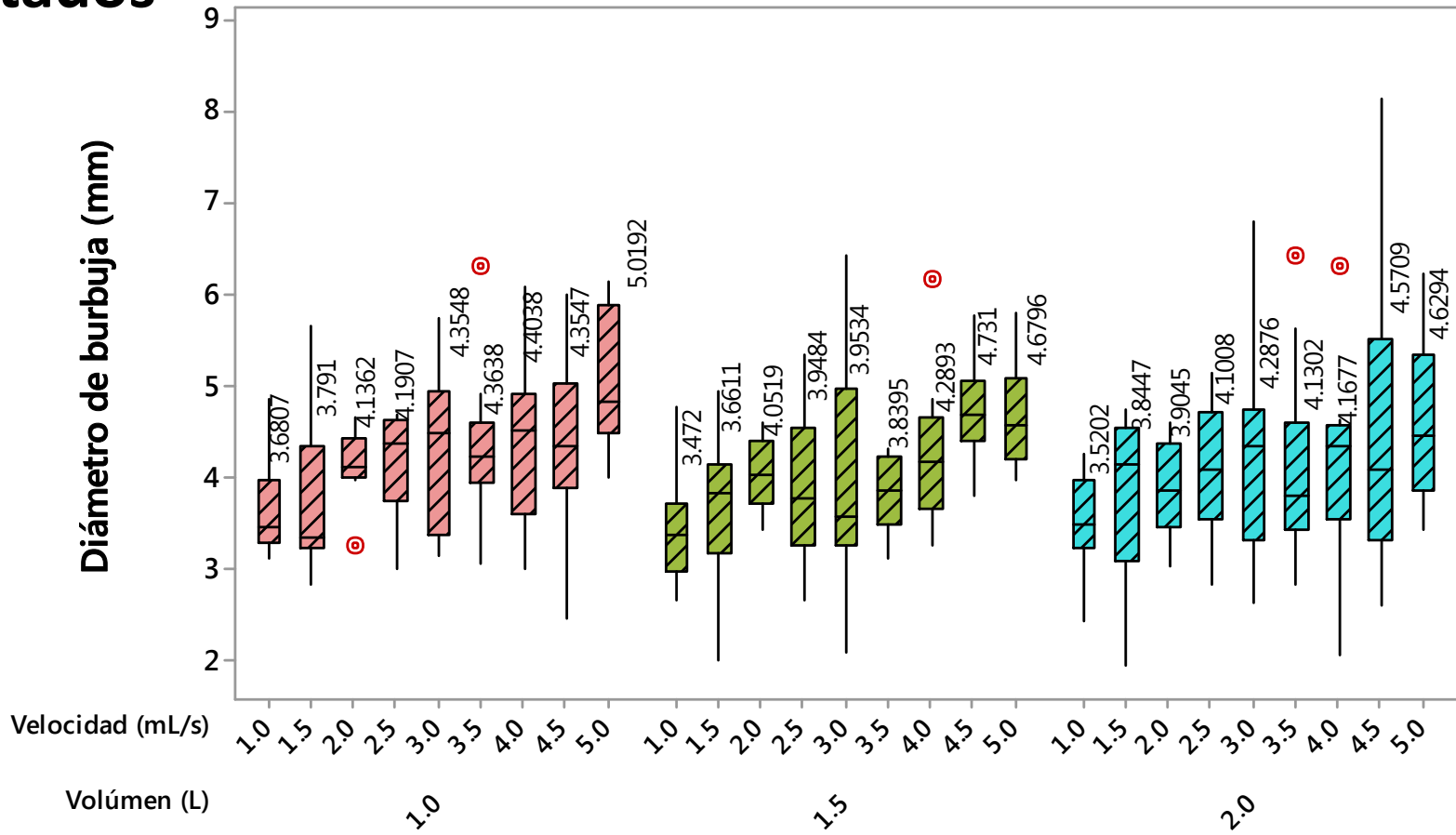


Engineering Consulting & Services

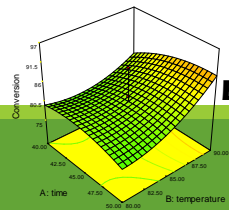
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados



Diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto

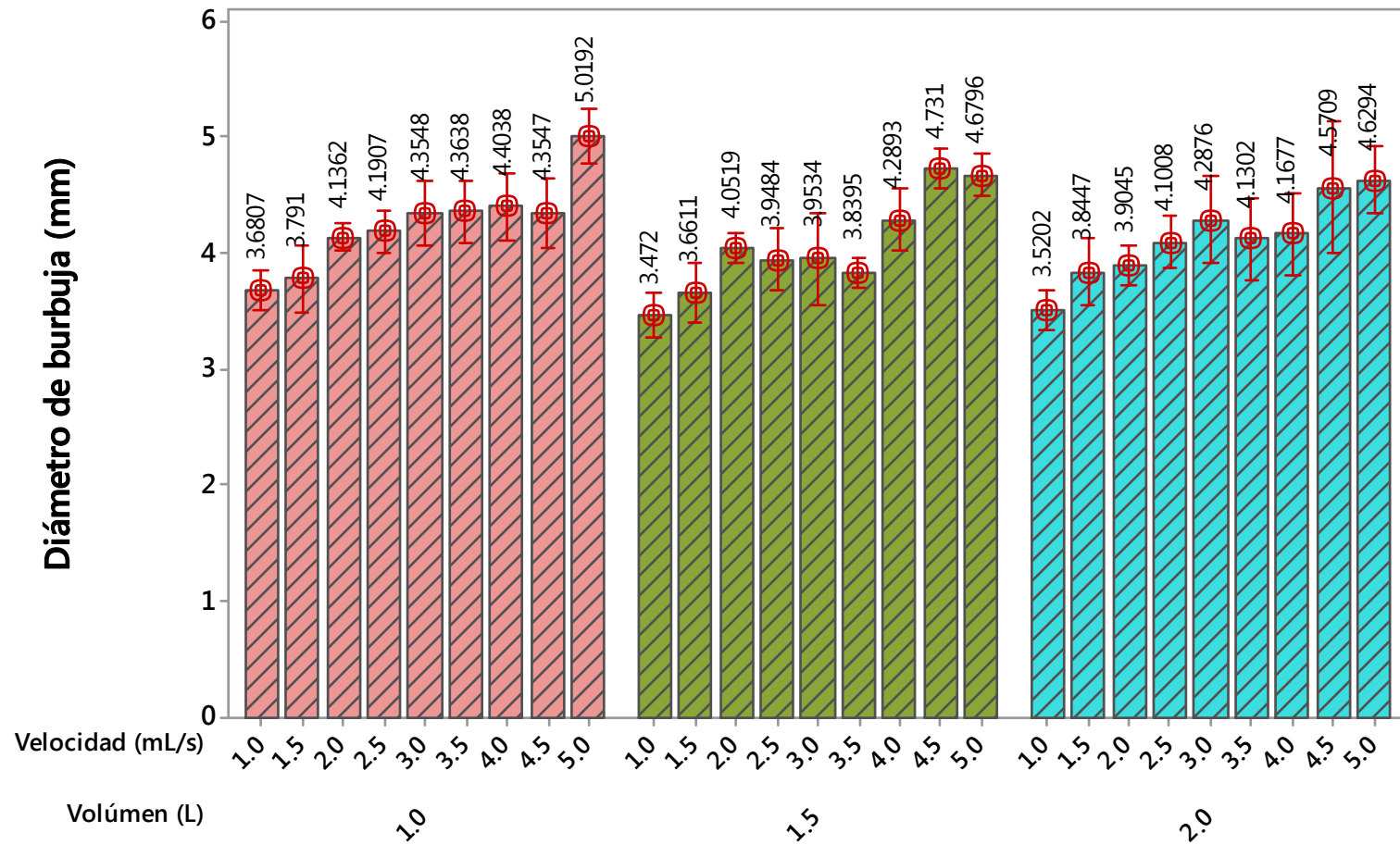


Engineering Consulting & Services

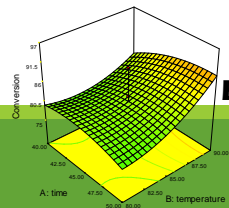
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados



Diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

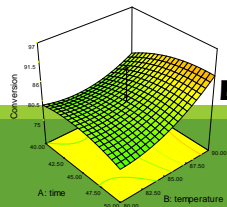
10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados

Análisis de varianza para diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tamaño burbuja (mm ²)	Volumen: A	1.616	2	0.808	1.066	0.346
	Velocidad: B	32.823	8	4.103	5.415	0.000
	A*B	3.572	16	0.223	0.295	0.997
	Error	184.103	243	0.758		
	Total	222.114	269			

p<0.05, existe efecto significativo

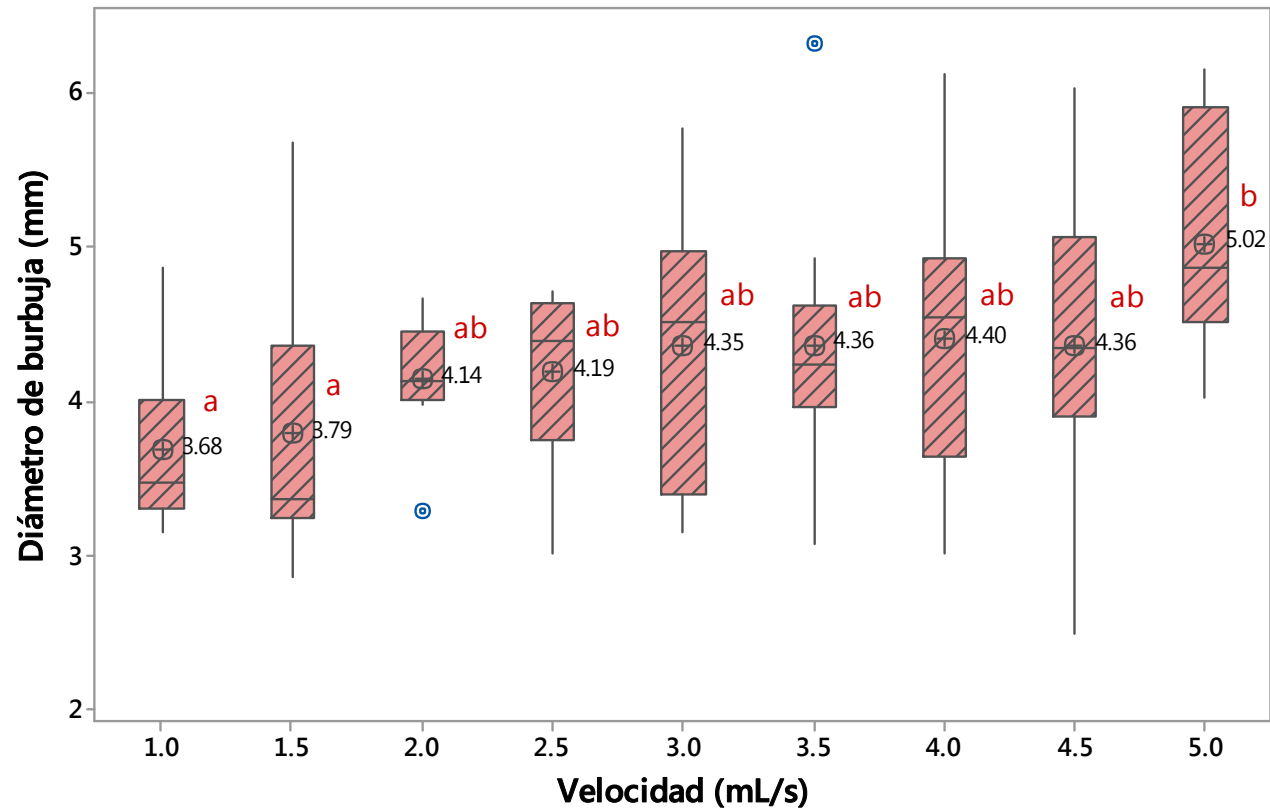


Engineering Consulting & Services

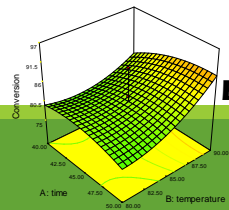
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados a volumen de agua de 1.0 L



Diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 1.0 L

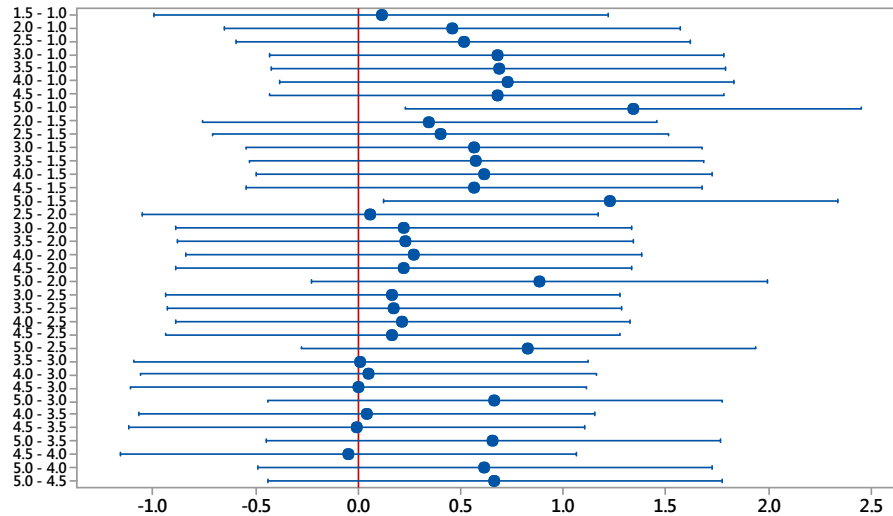


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

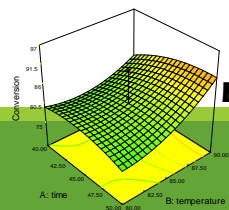
Resultados a volumen de agua de 1.0 L



Si un intervalo no contiene cero, los medios correspondientes son significativamente diferentes.

Velocidad (mL/s)	Mean (mm)	Grouping	
1.0	3.68	a	
1.5	3.79	a	
2.0	4.14	a	b
2.5	4.19	a	b
4.5	4.36	a	b
3.0	4.36	a	b
3.5	4.36	a	b
4.0	4.40	a	b
5.0	5.02		b

Prueba de Tukey para diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 1.0 L

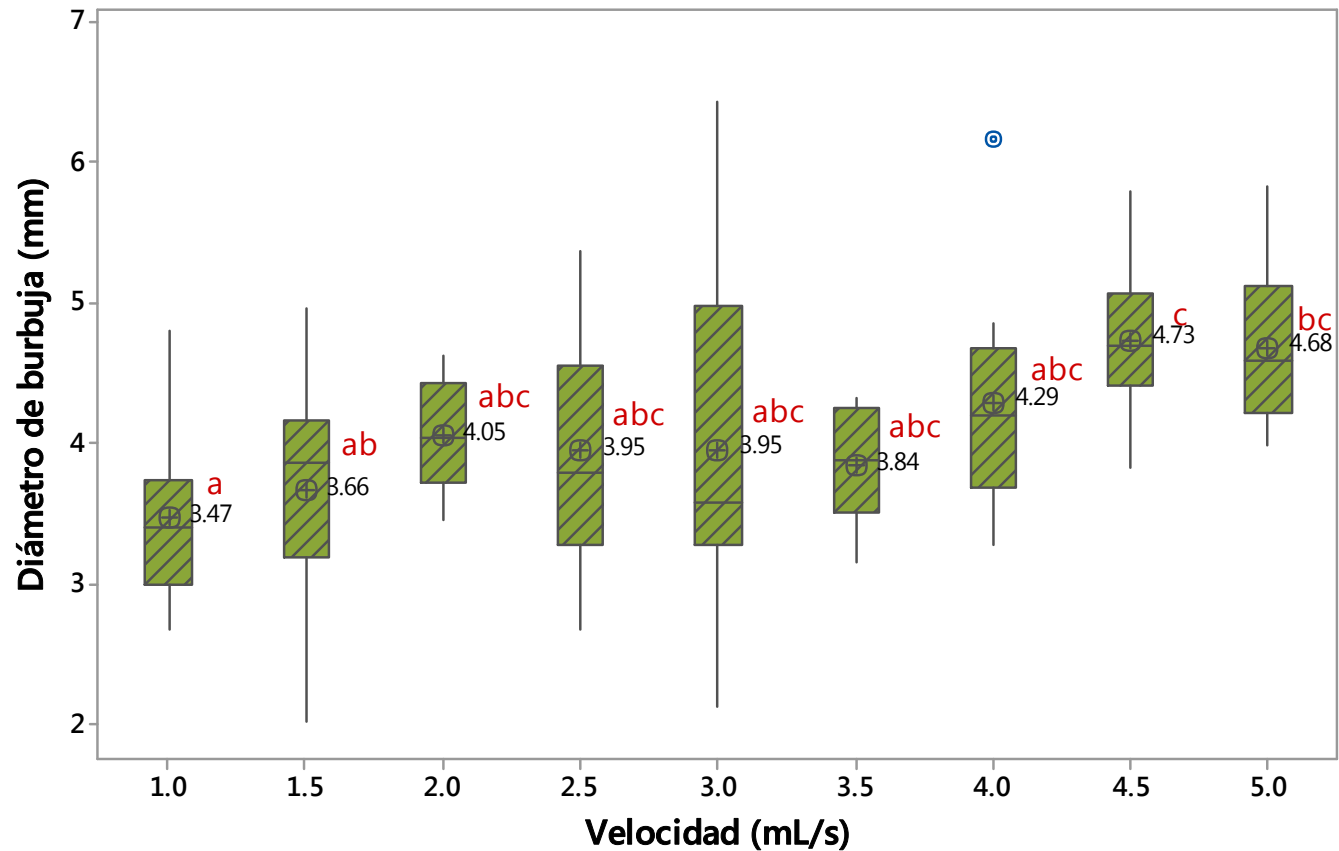


Engineering Consulting & Services

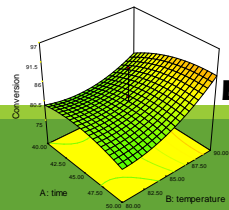
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados a volumen de agua de 1.5 L



Diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 1.5 L

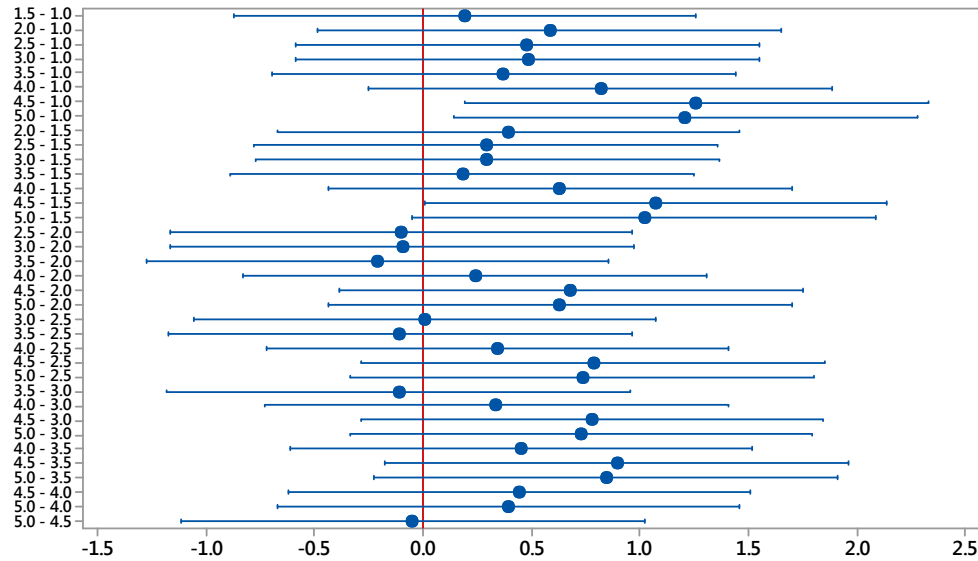


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

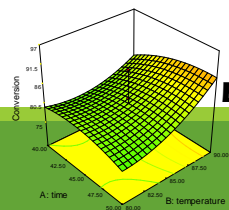
Resultados a volumen de agua de 1.5 L



Si un intervalo no contiene cero, los medios correspondientes son significativamente diferentes.

Velocidad (mL/s)	Mean (mm)	Grouping		
1.0	3.47	a		
1.5	3.66	a	b	
3.5	3.84	a	b	c
2.5	3.95	a	b	c
3.0	3.95	a	b	c
2.0	4.05	a	b	c
4.0	4.29	a	b	c
5.0	4.68		b	c
4.5	4.73			c

Prueba de Tukey para diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 1.5 L

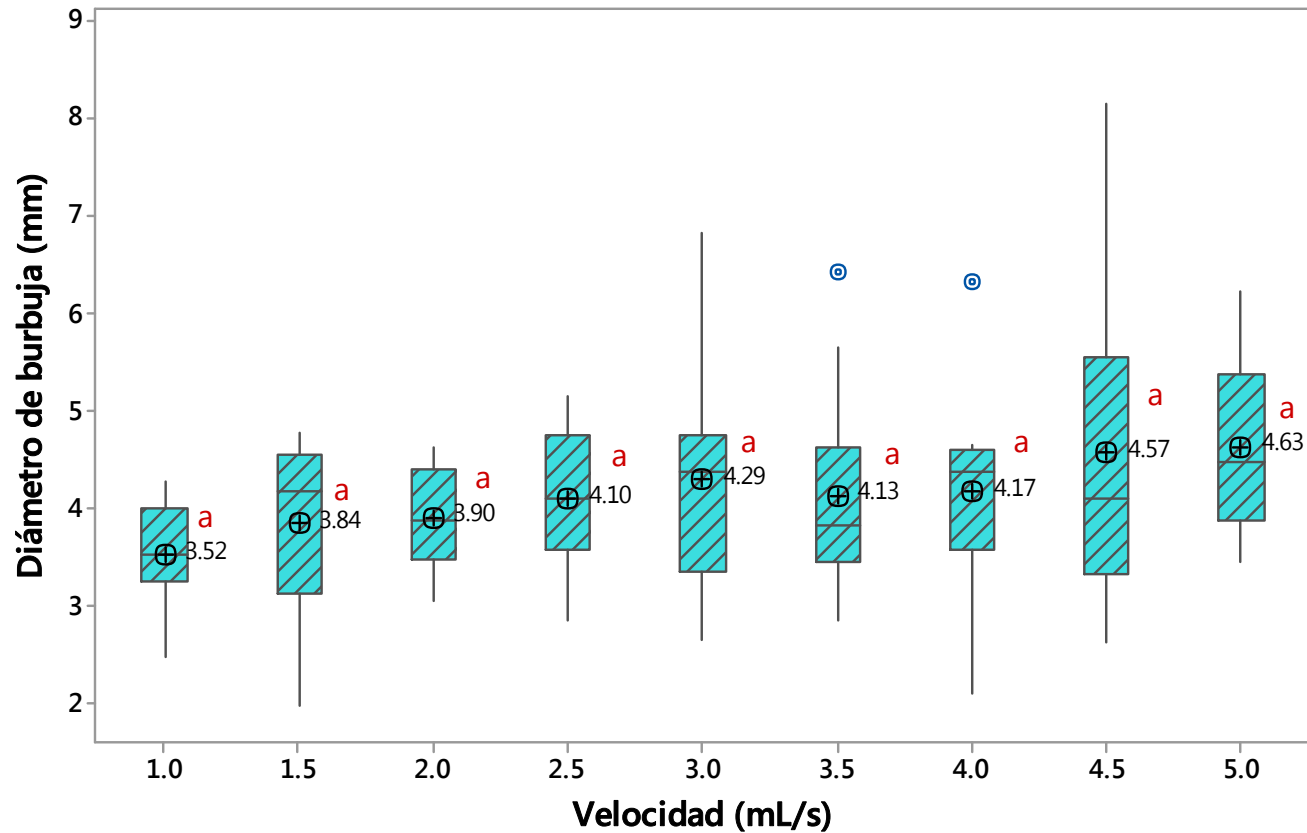


Engineering Consulting & Services

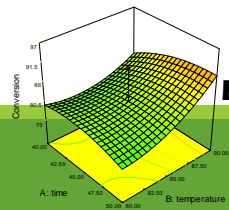
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Resultados a volumen de agua de 2.0 L



Diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 2.0 L

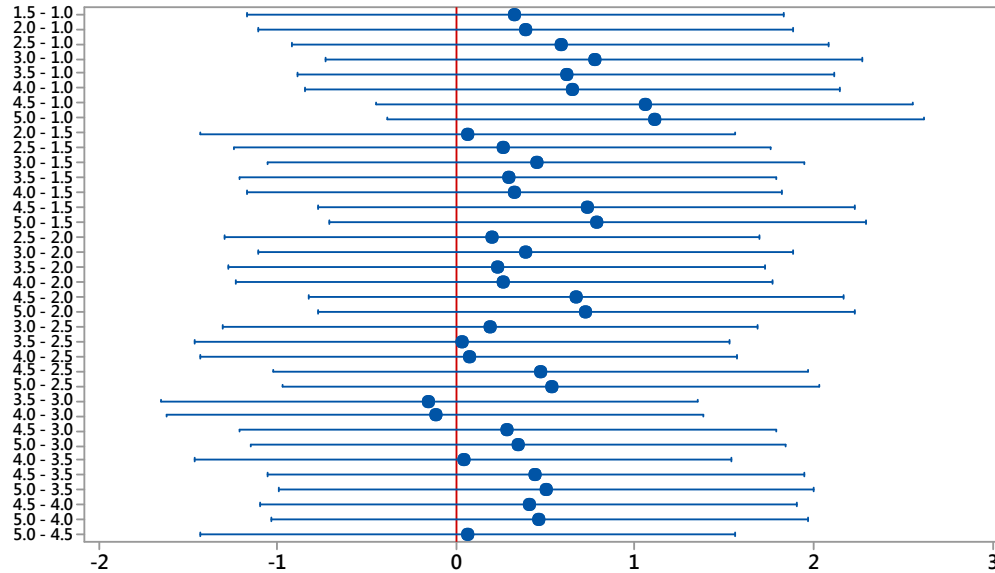


Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

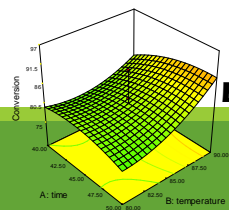
Resultados a volumen de agua de 2.0 L



Si un intervalo no contiene cero, los medios correspondientes son significativamente diferentes.

Velocidad (mL/s)	Mean	Grouping
1.0	3.52	a
1.5	3.85	a
2.0	3.91	a
2.5	4.10	a
3.5	4.13	a
4.0	4.17	a
3.0	4.29	a
4.5	4.57	a
5.0	4.63	a

Prueba de Tukey para diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 2.0 L

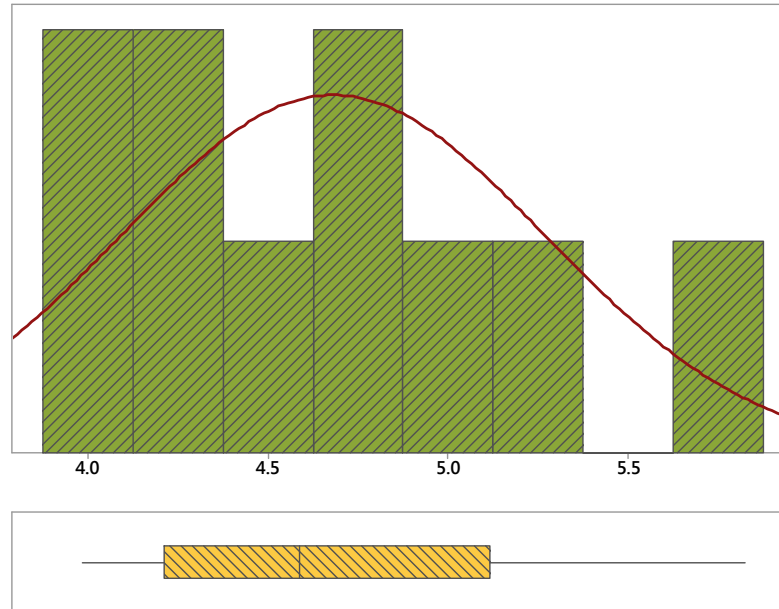


Engineering Consulting & Services

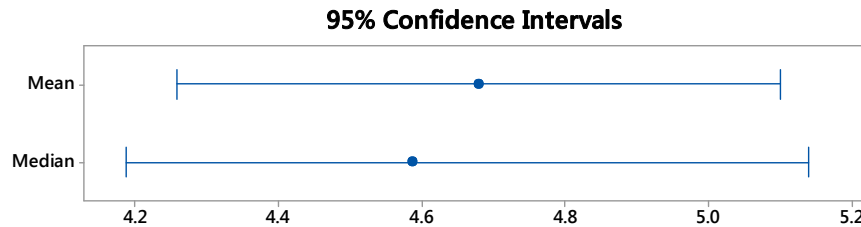
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

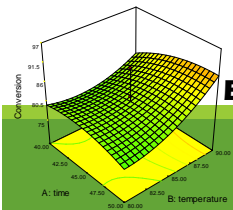
Resultados a volumen de agua de 1.5 L y velocidad de aire de 5 mL/s



Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	0.27
P-Value	0.596
Mean	4.6796
StDev	0.5895
Variance	0.3475
Skewness	0.741857
Kurtosis	-0.032140
N	10
Minimum	3.9830
1st Quartile	4.2097
Median	4.5865
3rd Quartile	5.1147
Maximum	5.8270
95% Confidence Interval for Mean	
	4.2579 5.1013
95% Confidence Interval for Median	
	4.1871 5.1405
95% Confidence Interval for StDev	
	0.4055 1.0762



Resumen estadístico para diámetro de burbujas en fotobiorreactor horizontal abierto a volumen de agua de 1.5 L y velocidad de aire de 5 mL/s



Engineering Consulting & Services

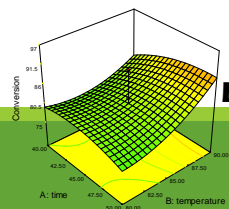
Soluciones e ingeniería...

10. Determinación del diámetro de burbujas

Conclusiones

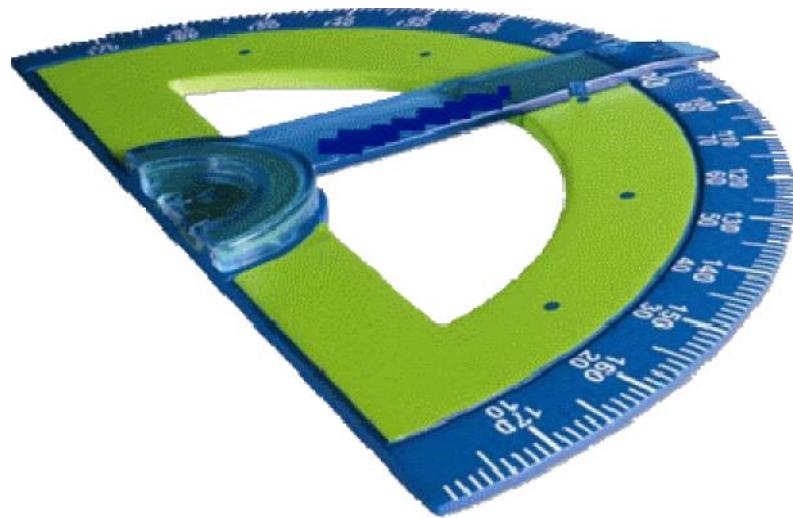
Se determinó el efecto significativo de la velocidad de aire sobre el diámetro de burbujas en un fotobiorreactor horizontal abierto mediante la aplicación de visión computacional.

A condiciones de operación de 1.5 L y velocidad de aire de 5 mL/s el diámetro de burbuja fue de 4.68 ± 0.59 mm.



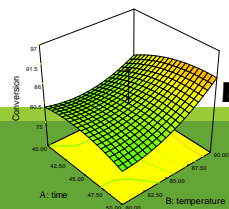
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...



Muchas gracias.....

Tus expectativas,
nuestros objetivos



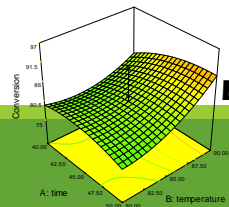
Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

Visión computacional



ImageJ
Image Processing and Analysis in Java



Engineering Consulting & Services

Soluciones e ingeniería...

Ing. Jesús Alfredo Obregón Domínguez